

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:  
DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL  
AUTOMÁTICO EN LA MÁQUINA ESTAMPADORA MARCA INSTA MODELO  
215 PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN TEXTIL OCUPANDO  
TECNOLOGÍAS ACTUALES DE AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:  
CARLOS EDUARDO HIDALGO MORENO  
FRANKLIN ORLANDO LAFUENTE SOLÓRZANO**

**TUTOR:  
ANÍBAL ROBERTO PÉREZ CHECA**

**Quito, marzo del 2017**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios por iluminar mi vida y brindarme el deseo de superación y perseverancia; a mis Padres por su esfuerzo, sacrificio y amor brindado cada día de mi ser; a mi Esposa e Hijos por el apoyo y por ser fuente de motivación e inspiración para lograr culminar una de mis metas.

FRANKLIN LAFUENTE SOLÓRZANO

Dedico a Dios y Mis padres este logro alcanzado en mi vida, los mismos que han sabido guiar mi vida por el sendero de la verdad a fin de poder honrar a toda mi familia el resto de mis días, gracias a su apoyo y deseo de superación he logrado alcanzar una meta planteada.

CARLOS HIDALGO MORENO

## **Cesión de derechos de autor**

Nosotros, Carlos Eduardo Hidalgo Moreno y Franklin Orlando Lafuente Solórzano con documentos de identificación N° 1721705141 y N° 1718173857 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA MÁQUINA ESTAMPADORA MARCA INSTA MODELO 215 PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN TEXTIL OCUPANDO TECNOLOGÍAS ACTUALES DE AUTOMATIZACIÓN, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor/es me/nos reservo/reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Nombre: Carlos Eduardo Hidalgo Moreno  
Cédula: 1721705141  
Fecha: marzo del 2017



.....  
Nombre: Franklin Orlando Lafuente Solórzano  
Cédula: 1718173857  
Fecha: marzo del 2017

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA MÁQUINA ESTAMPADORA MARCA INSTA MODELO 215 PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN TEXTIL OCUPANDO TECNOLOGÍAS ACTUALES DE AUTOMATIZACIÓN** realizado por Carlos Eduardo Hidalgo Moreno y Franklin Orlando Lafuente Solórzano, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2017



Aníbal Roberto Pérez Checa

C.I.: 1711423440

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por darnos la fuerza para seguir adelante y no dejarnos vencer con los obstáculos presentados en el transcurso de nuestras vidas.

A toda la Universidad Politécnica Salesiana por brindarnos su apoyo y formarnos para el futuro del mañana, además de manera especial y sincera al Ingeniero Roberto Pérez por ser guía y apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo de titulación.

**FRANKLIN LAFUENTE SOLÓRZANO**

**CARLOS HIDALGO MORENO**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1  |
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | 2  |
| <b>ANTECEDENTES</b> .....   | 2  |
| 1.1. Título del Proyecto .....  | 2  |
| 1.2. Planteamiento del Problema.....                                  | 2  |
| 1.3. Objetivos. ....  | 2  |
| 1.3.1. Objetivo General.....  | 2  |
| 1.3.2. Objetivos Específicos. ....                                    | 3  |
| 1.4. Alcance.....   | 3  |
| 1.5. Justificación.....   | 4  |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | 5  |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....  | 5  |
| 2.1. Proceso de Estampación en Caliente.....                          | 5  |
| 2.2. Técnicas de Estampación Textil usando Temperatura y Presión..... | 5  |
| 2.2.1. Tránsfer de Serigrafía o de Plastisol.....                     | 6  |
| 2.2.2. Sublimación .....  | 6  |
| 2.3. Automatización Industrial.....                                   | 7  |
| 2.4. Tipos de Automatización Industrial.....                          | 7  |
| 2.4.1. Automatización Fija.....                                       | 8  |
| 2.4.2. Automatización Programable.....                                | 8  |
| 2.4.3. Automatización Flexible.....                                   | 8  |
| 2.5. Sistema Neumático.....   | 9  |
| 2.6. Sistema Electrónico.....   | 9  |
| 2.7. Tarjeta Arduino. ....  | 10 |
| 2.8. Sensor de Temperatura PT 100.....                                | 10 |
| 2.9. Sensor de Distancia HC-SR04.....                                 | 10 |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | 11 |
| <b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN</b> .....                                  | 11 |
| 3.1. Definición del Problema.....                                     | 11 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.2.    | Desarrollo de la Casa de la Calidad.....                         | 12 |
| 3.3.    | Análisis de la Competencia.....                                  | 12 |
| 3.3.1.  | Máquina Estampadora Gold Eagle Modelo DL-46.....                 | 13 |
| 3.3.2.  | Máquina Estampadora Marca TextilPrint Modelo TP-1-SIMPLEX 4..... | 13 |
| 3.3.3.  | Máquina Estampadora Marca Trasfer.....                           | 14 |
| 3.4.    | Análisis de la Casa de la Calidad.....                           | 14 |
| 3.4.1.  | Especificaciones Técnicas de la Máquina.....                     | 16 |
| 3.4.2.  | Insidencia y Correlaciones.....                                  | 17 |
| 3.5.    | Análisis Funcional.....  | 18 |
| 3.5.1   | Generación del Módulo.....                                       | 18 |
| 3.6.    | Generar Alternativas de Solución.....                            | 19 |
| 3.6.1.  | Módulo 1.....  | 19 |
| 3.6.2.  | Ventajas y Desventajas de cada Alternativa para el Módulo 1..... | 19 |
| 3.6.3.  | Selección de la Alternativa Módulo 1.....                        | 26 |
| 3.7.    | Generación de la Primera Solución.....                           | 27 |
| 3.7.1.  | Análisis del Módulo 1.....                                       | 28 |
| 3.7.2.  | Módulo Virtual.....  | 30 |
| 3.7.3.  | Discusión y Revisión de la Primera Solución.....                 | 30 |
| 3.8.    | Cálculo de los Cilindros Neumáticos.....                         | 31 |
| 3.8.1.  | Cálculo de la Fuerza del Embolo.....                             | 33 |
| 3.9.    | Plano de Conjunto.....   | 34 |
| 3.9.1.  | Discusión y Revisión del Plano de Conjunto.....                  | 37 |
| 3.10.   | Control de Temperatura.....                                      | 37 |
| 3.11.   | Circuito de Alimentación.....                                    | 43 |
| 3.12.   | Interfaz de Visualización y Control de Estampado.....            | 45 |
| 3.13.   | Control on/off con Relé de Estado Sólido.....                    | 45 |
| 3.13.1. | Dimensionamiento del Relé de Estado Sólido.....                  | 46 |
| 3.14.   | Sistema de Seguridad.....  | 46 |
| 3.15.   | Diagrama de Flujo del Funcionamiento del Sistema.....            | 47 |

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....                                    | 50 |
| <b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b> .....                          | 50 |
| 4.1. Gráfica de los Sensores de Temperatura.....           | 50 |
| 4.1.1. Gráficas Sensor PT-100.....                         | 50 |
| 4.1.2. Gráficas Sensor LM-35.....                          | 51 |
| 4.2. Análisis de Producción de la Máquina Estampadora..... | 53 |
| 4.3. Resultados del Análisis de Producción.....            | 55 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....                                  | 58 |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....                               | 60 |
| <b>REFERENCIAS</b> .....                                   | 61 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1. Esquema de un proceso productivo industria .....  | 5  |
| Figura 3.1. Diseño final de la máquina realizado en autocad .....   | 12 |
| Figura 3.2. Casa de la calidad aplicada a la máquina estampadora .....  | 15 |
| Figura 3.3. Esquema modular aplicado a la máquina estampadora. ....   | 18 |
| Figura 3.4. Dos mesas de estampado .....  | 20 |
| Figura 3.5. Una sola mesa de estampado .....  | 20 |
| Figura 3.6. Cuatro mesas de estampado.....  | 21 |
| Figura 3.7. Potenciómetro. ....   | 22 |
| Figura 3.8. Teclado .....   | 22 |
| Figura 3.9. Pantalla Touch .....  | 23 |
| Figura 3.10. Microcontrolador .....   | 24 |
| Figura 3.11. Tarjeta Arduino.....   | 24 |
| Figura 3.12. PLC.....   | 25 |
| Figura 3.13. Modelo virtual, controlador central y la máquina estampadora .....   | 30 |
| Figura 3.14. Diagrama de cuerpo libre vertical sobre la plancha.....  | 33 |
| Figura 3.15. Diagrama de cuerpo libre horizontal sobre la plancha .....   | 34 |
| Figura 3.16. Diseño de la máquina y ubicación de ambas mesas para estampado hecho en autocad.....                             | 35 |
| Figura 3.17. Diseño frontal de la máquina con el cilindro realizado en autocad .....  | 35 |
| Figura 3.18. Diseño de la máquina en vista lateral instalado el cilindro para movimiento horizontal realizado en autocad..... | 36 |
| Figura 3.19. Diseño del controlador central realizado en AutoCAD .....  | 37 |
| Figura 3.20. Grafica del sensor PT-100 con valores experimentales.....  | 38 |
| Figura 3.21. Diseño de un amplificador en configuración no inversor.....  | 39 |
| Figura 3.22. Gráfica lineal sensor PT-100 vout vs RTD.....  | 40 |
| Figura 3.23. Diagrama del circuito para lectura de temperatura de la plancha .....  | 41 |
| Figura 3.24. Gráfica experimental sensor LM-35 .....  | 42 |
| Figura 3.25. Diagrama de conexión del sensor LM-35 a la placa arduino .....   | 43 |
| Figura 3.26. Diagrama circuito de alimentación.....   | 44 |
| Figura 3.27. Diagrama control on/off por histéresis .....   | 45 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.28. Montaje del sensor de distancia ultrasónicos.....         | 47 |
| Figura 3.29. Diagrama de flujo del operador .....                      | 48 |
| Figura 3.30. Diagrama de flujo de la pantalla.....                     | 49 |
| Figura 3.31. Diagrama de flujo del software de la tarjeta Arduino..... | 49 |
| Figura 4.1. Máquina estampadora automatizada finalizada.....           | 50 |
| Figura 4.2. Lectura del sensor de temperatura PT-100 .....             | 51 |
| Figura 4.3. Lectura del sensor de temperatura LM-35.....               | 52 |
| Figura 4.4. Comparativa de costo de producción.....                    | 55 |
| Figura 4.5. Comparativa de cantidad de prendas estampadas.....         | 56 |
| Figura 4.6. Comparativa de ganacia mensual .....                       | 56 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1. Rangos de variables a medir en un proceso de estampado .....      | 6  |
| Tabla 3.1. Voz del ingeniero y usuario .....                                 | 12 |
| Tabla 3.2. Máquina estampadora Gold Eagle modelo DL-46 .....                 | 13 |
| Tabla 3.3. Características de la máquina estampadora marca TextilPrint ..... | 13 |
| Tabla 3.4. Características de la máquina estampadora marca Trasfer. ....     | 14 |
| Tabla 3.5. Especificaciones técnicas de la máquina. ....                     | 16 |
| Tabla 3.6. Correlaciones entre las características técnicas. ....            | 17 |
| Tabla 3.7. Alternativas de solución para el módulo 1.....                    | 19 |
| Tabla 3.8. Ventajas y desventajas del uso de dos mesas de estampado.....     | 26 |
| Tabla 3.9. Ventajas y desventajas del uso de una sola mesa de estampado..... | 20 |
| Tabla 3.10. Ventajas y desventajas del uso de cuatro mesas de estampado..... | 21 |
| Tabla 3.11. Ventajas y desventajas del uso de potenciómetro.....             | 21 |
| Tabla 3.12. Ventajas y desventajas del uso de teclado.....                   | 23 |
| Tabla 3.13. Ventajas y desventajas del uso de pantalla Touch.....            | 23 |
| Tabla 3.14. Ventajas y desventajas del uso de Microprocesador.....           | 24 |
| Tabla 3.15. Ventajas y desventajas del uso de Arduino.....                   | 25 |
| Tabla 3.16. Ventajas y desventajas del uso de PLC.....                       | 25 |
| Tabla 3.17. Soluciones para el módulo 1.....                                 | 26 |
| Tabla 3.18. Alternativa de solución 1.....                                   | 26 |
| Tabla 3.19. Alternativa de solución 2.....                                   | 27 |
| Tabla 3.20. Alternativa de solución 3.....                                   | 27 |
| Tabla 3.21. Evaluación del peso específico de cada criterio.....             | 28 |
| Tabla 3.22. Evaluación del criterio Costo.....                               | 28 |
| Tabla 3.23. Evaluación del criterio Alimentación eléctrica.....              | 28 |
| Tabla 3.24. Evaluación del criterio Opciones de programación.....            | 29 |
| Tabla 3.25. Evaluación del criterio Seguridad.....                           | 29 |
| Tabla 3.26. Conclusiones módulo 1.....                                       | 29 |
| Tabla 3.27. Características técnicas compresor PTK 2hp.....                  | 31 |
| Tabla 3.28. Características del cilindro doble efecto.....                   | 32 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 3.29. Datos obtenidos experimentalmente, con una sonda de temperatura y multímetro..... | 38 |
| Tabla 3.30. Datos obtenidos con la simulación del circuito no inversor.....                   | 39 |
| Tabla 3.31. Variación entre temperatura y voltaje para la lectura de la tarjeta Arduino..     | 40 |
| Tabla 3.32. Datos obtenidos con el sensor LM-35.....  | 42 |
| Tabla 3.33. Consumo de corriente total del sistema.....                                       | 44 |
| Tabla 3.34. Consumo de corriente de la máquina estampadora.....                               | 46 |
| Tabla 4.1. Tiempo vs Temperatura en telas diferentes.....                                     | 52 |
| Tabla 4.2. Costo fabricación del proyecto .....   | 53 |
| Tabla 4.3. Costo producción mensual sin automatizar la máquina.....                           | 53 |
| Tabla 4.4. Ganancia mensual aproximada sin automatizar la máquina.....                        | 54 |
| Tabla 4.5. Costo de producción mensual con la automatización de la máquina.....               | 54 |
| Tabla 4.6. Ganancia mensual aproximada con la automatización de la máquina.....               | 54 |

## **RESUMEN**

Los diversos sistemas de control utilizados en los diferentes procesos de estampado en plano de la industria textil ofrecen mejoras en el uso de las variables de calor y presión, con el objetivo de lograr un buen acabado en la prenda a estampar.

En el presente proyecto se consiguió diseñar e implementar un sistema de control on-off automático en lazo cerrado por histéresis en una máquina estampadora para el manejo de la variable temperatura, utilizando elementos de automatización actual los mismos que permiten un ahorro energético en el proceso de estampado textil.

La máquina tiene un registro constante de la temperatura tanto en las mesas de estampado como en la plancha, que se realiza por medio de los datos enviados por los sensores de temperatura instalados, lo que permite tener un mejor control sobre el proceso de transferencia del estampe a la tela, además la máquina cuenta con un sistema de seguridad que permite al operador conservar su integridad física en el proceso de estampado durante periodos de tiempo prolongados. El módulo de control contiene a los circuitos electrónicos y a la tarjeta de procesamiento de datos Arduino que permite el monitoreo de las variables que intervienen en el proceso de estampado para la posterior activación de los actuadores, además de una interfaz para el ingreso de las variables y la visualización de las mismas.

Se realizaron diversas pruebas de campo que permitieron conocer que el sistema permite la optimización de recursos como el ahorro energético y además tener una mejora significativa del rendimiento de la máquina lo que se traduce en aumento de la producción en el taller.

## **ABSTRACT**

The various control systems used in the different processes stamping plane textile offer improvements in the use of heat and pressure variables, in order to achieve a good finish on the garment to be printed.

In this project set out to design and implement a system of on-off automatic control closed hysteresis for handling the variable temperature loop, using elements of current automation them that allow energy savings in the process of textile printing .

The automatic system will control the temperature variable in the thermal plate by the set point of said variable , the same to be controlled in conjunction with the parameter time to so operate at different temperatures and times all the different types of existing fabrics and consequently obtain a garment finished with improvements in its finish . The behavior or performance variation of temperature and time parameters are appreciated visually on a graphic display in order to check the preset values stamping process.

This automatic stamping plane project also has a safety control system for anyone operating the thermal plate, the system will preserve the physical integrity of the operator as required by blocking automatic process.

## INTRODUCCIÓN

Antiguamente los procesos de estampado tenían un sistema de control netamente manual es decir el encendido y apagado del proceso dependía solamente de un operador, ahora se tienen sistemas de control semi automáticos y automáticos, los cuales permiten una mejora en el tiempo de respuesta que supera al entrenamiento del operador y mejora la producción.

La industria textil ha sufrido cambios evolutivos acorde a los avances tecnológicos que se ven en el mundo actual, para suplir las diferentes necesidades que se presentan en los productos textiles se requiere de mejoras en dichos procesos, los cuales se obtienen a través de sistemas automáticos o semi automáticos, los mismos que permiten controlar los múltiples procesos mediante el monitoreo y control continuo de sus variables, con lo cual se logra mejorar la calidad del producto terminado.

El avance tecnológico en la industria textil ha logrado que los procesos que antiguamente eran de control manual ahora se los opere de forma automática o semi automática utilizando elementos de tecnología avanzada, los mismos que brindan una rápida respuesta a las necesidades del proceso industrial obteniendo un mejor resultado del producto, un mejor uso de la energía, un menor índice de pérdidas para el productor y por ende un aumento económico para la empresa.

Hoy en día los sistemas semi automáticos o automáticos de estampado han alcanzado un valor agregado debido a que permiten el ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo tanto para el propietario como el operario, con lo cual los beneficios obtenidos al utilizar técnicas actuales de automatización se reflejan en la agilidad, rendimiento y ahorro para los empresarios.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1. Título del Proyecto

Desarrollo e implementación de un sistema de Control Automático en la máquina estampadora marca Insta modelo 215 para aumentar la producción textil ocupando tecnologías actuales de automatización.

### 1.2. Planteamiento del Problema

Dentro de los talleres de confección de ropa existen máquinas estampadoras manuales, las cuales sin una correcta manipulación de un operador causan daños irreversibles en el producto terminado, y con ello generan fuertes pérdidas económicas. Este es el caso del taller de corte y confección Modas Rosita, ubicado en la Av. Panamericana sur, calle García Moreno lote 4 sector la joya, en el cual se usa una máquina estampadora manual marca Insta modelo 215, la cual tiene control de temperatura en lazo abierto, pero no cuenta con una señal de alarma que indique la finalización del proceso de estampado, por esa razón el tiempo de proceso se lleva a cabo mediante el cálculo del operador, lo que conlleva a que muchas veces el producto terminado tenga fallas en el estampado, por ejemplo que se haya roto al no haber alcanzado la temperatura ideal o al contrario se quema tanto el estampe como la prenda, en ambos casos el producto terminado es desechado produciendo cuantiosas pérdidas diarias.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General

- Desarrollar e implementar un sistema de Control Automático en lazo cerrado de la máquina estampadora marca Insta modelo 215 para aumentar la producción textil utilizando tecnologías actuales de automatización.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar el funcionamiento u operación manual de la máquina estampadora Insta modelo 215 para identificar su operación y estado actual.
- Desarrollar el hardware de control para automatizar el proceso de estampado controlando la variable temperatura utilizando teoría de control actual.
- Implementar el software de control automático de la máquina estampadora para satisfacer las condiciones del sistema automático y el control en lazo cerrado.
- Realizar pruebas y evaluar los resultados obtenidos para definir las condiciones finales de productividad de la máquina estampadora en el taller de corte y confección Modas Rosita.

### **1.4. Alcance**

El presente proyecto pretende elaborar un sistema de control automático de una estampadora en plano, estableciendo y controlando las variables de temperatura y tiempo en la plancha mediante los set points de dichas variables. Además constará de un sistema de seguridad y operatividad fácil de manejar, con lo cual se puede preservar la integridad del operario y mejorar su comodidad.

El proyecto tendrá un sistema de monitoreo visualizado en una GLCD en el cual se mostrará el desempeño y evolución de las señales manejadas en la estampadora, gracias a lo cual el operario va a conocer si el funcionamiento de la máquina se encuentra dentro de los parámetros preestablecidos.

También el proyecto se encuentra delimitado para realizar el estampado en dos lugares o posiciones diferentes del lugar de trabajo, con lo cual se mejorará el aumento de la productividad y de hecho la rentabilidad para el local.

## **1.5. Justificación**

El taller de corte y confección Modas Rosita durante el año 2014 tuvo una pérdida por daño de 900 productos terminados, de los cuales el 80% se debió a problemas con los estampados y con ello generó pérdidas económicas que llevaron a disminuir el número de empleados en la empresa, además se planteó la opción de comprar una nueva máquina estampadora moderna y que no causara tantos daños en los productos. La automatización de la máquina estampadora Insta modelo 215 mejorará notablemente el rendimiento de la misma, sin necesidad de incurrir a costos mayores de inversión y de esa manera aumentar la producción de prendas terminadas lo que incrementará el porcentaje de ganancias al taller.

Es necesario implementarle a la máquina estampadora Insta modelo 215 un sistema de control en lazo cerrado para que el control de temperatura funcione adecuadamente por motivo de que la máquina posee un sistema de control en lazo abierto, el mismo que hace que su rendimiento no sea óptimo en la empresa.

En los tiempos actuales las máquinas manuales están obligadas a que las transformen en automáticas para el mejor desarrollo y rendimiento de las mismas mediante la utilización de nuevas tecnologías actuales de automatización.

## CAPÍTULO 2

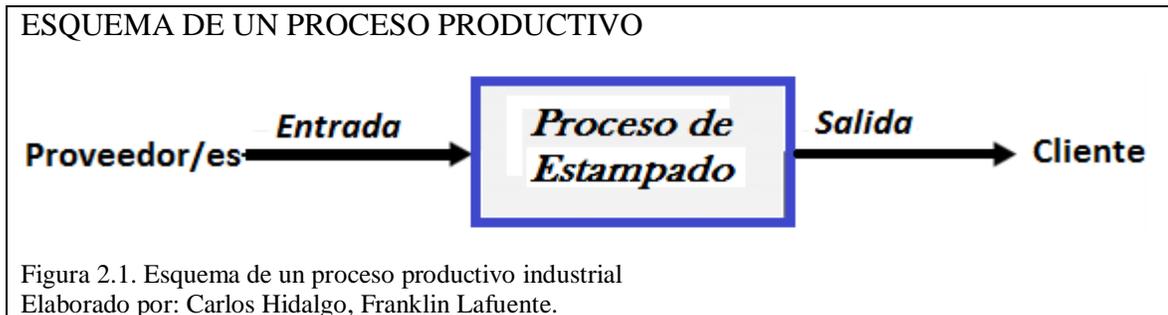
### MARCO TEÓRICO

Este capítulo muestra una introducción sobre el proceso de estampado, las diferentes técnicas, sistemas y elementos a utilizarse para obtener una máquina automatizada.

#### 2.1. Proceso de Estampación en Caliente

La estampación en caliente es un proceso industrial utilizado en una plancha metálica en el cual se hace del uso de variables de temperatura, presión y tiempo para aplicarla sobre un objeto (tela), con el fin de transferir una imagen o logo preestablecido a una prenda terminada. La máquina aplica una presión uniforme en toda la plancha metálica y además estableciendo una temperatura de calentamiento en la misma, permite la transferencia del estampe a la tela.

La norma ISO 8401 (International Organization for Standardization) define el Proceso como “el conjunto de recursos y actividades que transforman elementos de entrada en elementos de salida”. (GONZÁLEZ), como se observa en la Figura 2.1.



#### 2.2. Técnicas de Estampación Textil usando Temperatura y Presión

Estas técnicas de estampado se basan en el manejo o control de dos variables principales como son: la temperatura y la presión, las mismas que actúan de forma continua en una plancha metálica para luego transferir un logo o gráfico a una prenda textil de cualquier material. Como punto importante a conocer en estas técnicas de estampado es que aparte de las dos variables mencionadas anteriormente, también se debe tener un control de la variable tiempo. El control continuo de las tres variables en conjunto permite obtener un

acabado de calidad en un proceso de estampado. En la Tabla 2.1 se muestra los rangos de las variables a medir en un proceso.

Tabla 2.1.  
Rangos de variables a medir en un proceso de estampado

| TEMPERATURA<br>(RANGO) | PRESIÓN<br>(RANGO) | TIEMPO<br>(RANGO)         |
|------------------------|--------------------|---------------------------|
| 190 °C a 210 °C        | 6 bares a 8 bares  | 15 segundos a 25 segundos |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente

Estos parámetros tienen su pequeña variación dependiendo del tipo de calidad que posea la prenda a estampar, del tipo de transfer (papeles siliconados los cuales permiten transferir las tintas de serigrafía a una prenda) y del material sobre el cual se va a realizar la transferencia.

Los diferentes tipos de técnicas de estampado existentes en nuestra industria textil son:

- a. Tránsfer de serigrafía o plastisol
- b. La sublimación

### **2.2.1. Tránsfer de Serigrafía o Plastisol**

Es la técnica en la cual el gráfico o logo decorado creativamente se imprime mediante serigrafía (proceso que permite estampar en un tejido mediante el uso de tinta especial y una malla) a un papel llamado transfer y posteriormente la impresión en el transfer se transfiere a la tela mediante la utilización de una plancha térmica.

### **2.2.2. Sublimación**

Esta técnica se emplea para transferir una impresión realizada sobre papel de sublimación a una tela mediante la aplicación de calor y presión, el calor de la plancha transforma a la tinta empleada para realizar el diseño del estado gaseoso al sólido, añadiéndose de esa forma a las fibras que forman la tela, donde finalmente se mostrará el diseño de una forma homogénea. Esta técnica de estampado es muy utilizada en prendas deportivas de 100% poliéster y lycra, esta técnica es utilizada por industrias y talleres de confección a nivel nacional.

### **2.3. Automatización Industrial**

El usar sistemas o controles modernos con elementos programables o computarizados en el manejo u operación de máquinas en los diferentes procesos industriales existentes, está sustituyendo en un alto porcentaje al ser humano, no solo se trata de la mecanización del proceso industrial sino que además se brinda al operador una mayor comodidad en su área de trabajo debido a que se reducen los esfuerzos físicos del operador.

La automatización es mucho más que un sistema de control, es una ciencia la cual requiere de muchos conocimientos teóricos para ser aplicada de manera adecuada en la práctica. Los conocimientos que se relacionan estrechamente con un proceso de automatización son acerca de: instrumentación industrial, dispositivos electrónicos, máquinas eléctricas, redes industriales, procesos industriales entre los principales; además la automatización de un proceso requiere de una interfaz amigable humano-máquina (HMI) para realizar una mejor supervisión y control de las operaciones de los procesos industriales.

Mediante el tipo de señal a manejar o controlar, los procesos automatizados se clasifican en dos tipos:

- a. Procesos continuos
- b. Procesos secuenciales

Los procesos continuos están orientados a manejar y controlar señales de tipo análogo como son las temperaturas, los flujos, los caudales, las presiones, el nivel; en donde la variable tiempo entra en juego constantemente. En cambio los procesos secuenciales utilizan señales de tipo discreto en los procesos donde la fabricación es por partes o por eventos debido a que manejan magnitudes digitales del tipo “todo” o “nada”.

### **2.4. Tipos de Automatización**

Una forma de clasificación de los diferentes tipos de automatización que se encuentran en el medio es la siguiente:

- a. La automatización fija
- b. La automatización programable
- c. La automatización flexible.

### **2.4.1. Automatización Fija**

Es el proceso en el que se usan máquinas de gran tamaño para realizar operaciones fijas y repetitivas a nivel industrial, es decir los mecanismos de todo el proceso realizan una actividad específica y constante produciendo a gran escala los productos para el consumidor. Una desventaja de este tipo de automatización es la fuerte inversión inicial que se requiere para el equipamiento de la empresa y la puesta en marcha de la misma. Este tipo de automatización se la encuentra aplicada a nivel mundial en las grandes industrias de tipo textil, automotor, de fabricación de insumos, alimentación, etc.

### **2.4.2. Automatización Programable**

La automatización programable es un tipo de tecnología industrial orientada al diseño y construcción de prototipos utilizando un Programmable Automation Controller (PAC). Un PAC es un conjunto formado por un controlador, módulos de entrada y salida además de sus respectivos buses de datos que lo interconectan entre sí.

Este tipo de automatización está diseñada para adaptarse a las variaciones o modificaciones que se requieran en el producto, estas variaciones o cambios se lo realizan por medio de un programa o software que controlará el proceso. Similar a la automatización fija la inversión en equipos para la puesta en marcha es alta pero queda compensada por la producción a gran escala de los productos finales.

### **2.4.3. Automatización Flexible**

La flexibilidad es una herramienta tan productiva y efectiva en el proceso de la producción industrial de pequeñas empresas. Gracias a esta característica de la flexibilidad el producto puede presentar modificaciones, que se consiguen por medio de la reprogramación del software o hardware y reutilización de materiales.

La automatización flexible tiene la capacidad de modificar partes del programa o cambiar algo físicamente sin perder tiempo de producción, lo que implica no tener pérdidas en la productividad de la empresa. Los sistemas flexibles están constituidos o formados por una serie de estaciones de trabajo, las mismas que se encuentran interconectadas entre sí y controlados por un computador. Cualquier tipo de

automatización requiere de una fuerte inversión inicial de capital para su puesta en marcha y equipamiento.

### **2.5. Sistema Neumático**

Este sistema utiliza el aire comprimido (aire a presión) como medio de transmisión de señales, estas señales realizan la activación de los mecanismos y consecuentemente se ejercen los movimientos en sus diferentes posiciones. Los sistemas neumáticos han llegado a ocupar una gran importancia en la automatización de máquinas y en el campo de los controladores automáticos, debido a que convierten la energía del aire comprimido en energía mecánica; estos sistemas presentan sencillez en la activación de los actuadores por ende tienen una velocidad de respuesta media y también manejan fuerzas de mediana potencia.

Un sistema de control neumático está compuesto de los siguientes grupos de elementos como son: abastecimiento de energía, elementos de entrada, elementos de procesamiento de señales y elementos de maniobra y accionamiento. (Osorio, 2012)

### **2.6. Sistema Electrónico**

Sistema electrónico es el conjunto de dispositivos que se ubican en el campo de la ingeniería y física, para enviar, recibir y almacenar información mediante el flujo de electrones que fluyen por medio de los circuitos electrónicos.

En un sistema electrónico se identifican tres partes o bloques fundamentales que son: el bloque de entrada en donde el sistema recibe la información que va a procesar o las variables que determinan su funcionamiento, el bloque de proceso en el cual se realizan las operaciones necesarias para comandar los actuadores, y el bloque de salida el cual se encarga de realizar la acción final encomendada en el proceso.

### **2.7. Tarjeta Arduino**

La plataforma de software y hardware libre Arduino presenta múltiples herramientas de gran potencial en diferentes áreas, muchos diseñadores han aceptado esta plataforma por

su versatilidad y simplicidad, reúne los elementos desordenados de programación de un microcontrolador para adaptarlo en un proceso simple de trabajo (Arduino m. , 2015).

El hardware del Arduino posee el microcontrolador, las memorias, las conexiones de entrada y salida y la conexión para el puerto USB. Al Arduino se conectan los sensores a la entrada y los actuadores a la salida.

### **2.8. Sensor de Temperatura PT-100**

Es un sensor formado por un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino.

Normalmente los PT-100 industriales se consiguen encapsulados, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material llamada vaina. Gracias al empleo de tecnologías modernas el tiempo de respuesta es extremadamente corto. Por otra parte los PT-100 siendo levemente costosos y mecánicamente no tan rígidos trabajan en rangos de bajas temperaturas hasta los -100 °C y en temperaturas altas hasta los 400 °C.

### **2.9. Sensor de Distancia HC-SR04**

Este sensor ultrasónico mide distancias en un rango desde los 2-3 centímetros hasta los 3-6 metros, su tensión de alimentación es de 5 voltios de corriente continua y su frecuencia de trabajo es de 40 kHz; por ende es muy útil en una amplia variedad de aplicaciones industriales y sistemas de seguridad y alarma.

El HC-SR04 se destaca por su bajo consumo de energía , gran precisión en la respuesta a señales y bajo precio, además de que tiene una interfaz simple de tres terminales y utiliza una sola línea para lograr una comunicación bidireccional con su dispositivo de control que comúnmente es un microcontrolador (Raúl Alvarez. 2013).

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Este capítulo detalla el método a emplear para desarrollar el diseño del proyecto tanto eléctrico, electrónico y mecánico, el cual se basa en la creación y análisis de la Casa de la Calidad para implementar el proyecto de acuerdo a los requerimientos y exigencias del usuario.

#### **3.1. Definición del Problema**

Se necesita diseñar e implementar un sistema de automatización que se acople a la máquina estampadora marca INSTA modelo 215, para mejorar tanto rendimiento como calidad del producto final.

La máquina debe contar con una interfaz amigable que permita al operario controlar las variables de tiempo y temperatura para lograr una calidad óptima de estampado dependiendo de la tela a utilizar, además de unas botoneras de tipo industrial que facilitarán al operador el control de la máquina, las mismas que se deben situar en un lugar visible y accesible.

Se requiere llevar un registro gráfico de la temperatura lo que permitirá conocer su estado respecto al tiempo transcurrido desde el inicio del proceso.

El sistema debe contar con la seguridad necesaria para su utilización en condiciones de estampado continuo, ya que al trabajar a temperaturas altas, el operador puede ser propenso a accidentes lo que resulta en daños a su integridad física y de una disminución de producción.

Se debe aportar al usuario las garantías necesarias para obtener una mejora de rendimiento y comodidad para utilizarla, además de contar con características como bajo consumo de energía y de dos mesas de estampado para destacarla entre otras máquinas de similares características.

## DISEÑO FINAL DE LA MÁQUINA ESTAMPADORA

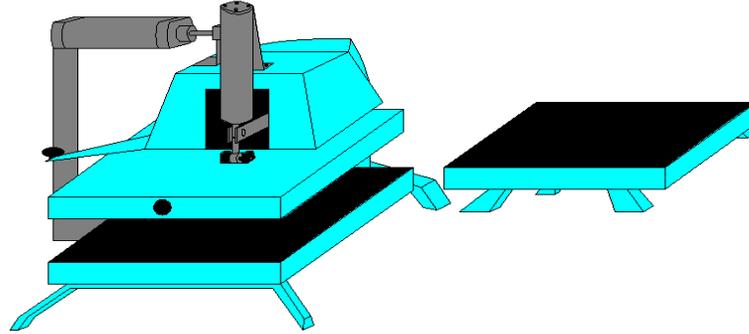


Figura 3.1. Diseño final de la máquina realizado en AutoCAD  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.2. Desarrollo de la Casa de la Calidad

El desarrollo de la casa de la calidad permitirá analizar las características y beneficios que traerá consigo la automatización de la máquina, los requerimientos y demandas las plantea el usuario y las complementa el ingeniero con su conocimiento en los aspectos técnicos en los que se desarrollará el sistema.

Tabla 3.1.  
Voz del ingeniero y usuario

| # | Voz del usuario  | Demanda        | Voz del ingeniero        |
|---|--|----------------|--------------------------|
| 1 | Que no sea costosa                                       | Básica         | Costo                    |
| 2 | Que funcione por tiempo prolongado                       | Unidimensional | Alimentación eléctrica   |
| 3 | Que no sea muy pesada                                    | Básica         | Peso                     |
| 4 | Que tenga variación de temperatura y tiempo de estampado | Estimulante    | Opciones de programación |
| 5 | Que transfiera bien la estampa a la tela                 | Unidimensional | Presión                  |
| 6 | Que sea segura de utilizar                               | Estimulante    | Seguridad                |
| 7 | Que no se dañe al poco tiempo                            | Unidimensional | Garantía                 |
| 8 | Que aumente la cantidad y calidad de prendas estampadas  | Estimulante    | Mejora de rendimiento    |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.3. Análisis de la Competencia

A continuación se analizarán algunas máquinas estampadoras que se comercializan en el mercado nacional que tienen prestaciones como: control de temperatura, tiempo de estampado, visualización de datos, etc.

### 3.3.1. Máquina Estampadora Gold Eagle Modelo DL-46

Máquina estampadora neumática, cuyas características se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2.

Características de la máquina estampadora marca Gold Eagle modelo DL-46.

|  | <b>CARACTERÍSTICAS</b>                                      |
|---|---|
|   | Ajuste de temperatura de estampado.                         |
|   | Dos mesas para estampado.                                   |
|   | Botón de emergencia que permite parar el proceso.           |
|   | Cuenta con sistema neumático para bajar y subir la plancha. |
|   | 85 Kg de peso.  |
|   | 1 año de Garantía   |
|   | Costo: \$2800   |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.3.2. Máquina Estampadora marca TextilPrint Modelo TP-1-SIMPLEX 4

Máquina estampadora con ajuste de temperatura y tiempo digital, de construcción robusta y 4 mesas de estampado, cuyas características se muestran en el Tabla 3.3.

Tabla 3.3.

Características de la máquina estampadora marca TextilPrint.

|  | <b>CARACTERÍSTICAS</b>   |
|---|--|
|   | Control digital de temperatura, tiempo.  |
|   | Plataforma inferior con almohadilla de silicona apta para temperaturas elevadas. |
|   | Visualización de temperatura de trabajo.   |
|   | 4 mesas para estampado.  |
|   | 108kg de peso.   |
|   | 1 año de Garantía.   |
|   | Costo: \$2500  |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.3.3. Máquina Estampadora Marca Trasfer

Máquina estampadora manual que cuenta con ajuste de presión, temporizador digital y alarma automática, cuyas características se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4.

Características de la máquina estampadora marca Trasfer.

|   |   |
|---|---|
|  | <b>CARACTERÍSTICAS</b>                          |
|   | Control de temperatura y visualización digital. |
|   | Placa base de titanio.                          |
|   | Temperatura uniforme en la mesa de estampado.   |
|   | Alarma de aviso al finalizar proceso.           |
|   | 78Kg de peso.                                   |
|   | 1 año de Garantía.                              |
|   | Costo: \$1200                                   |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.4. Análisis de la Casa de la Calidad

En la Figura 3.2, se detalla el análisis y desarrollo de la casa de la calidad para la construcción de la máquina estampadora automatizada, tomando en cuenta los requerimientos proporcionadas por el usuario y las características de las máquinas de la competencia, para obtener las voces del usuario con mayor ponderación que servirán de base para el diseño y posterior construcción del proyecto.

A continuación se describen las ecuaciones que intervienen en la casa de la calidad:

$$\text{Indice de Mejora} = \frac{\text{Objetivo}}{\text{Requerimiento Propia Empresa}} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

$$\text{Ponderacion} = \text{Indice de Mejora} * \text{Factor de Venta} * \text{Importancia} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

$$\% \text{Ponderacion} = \left( \frac{\text{Ponderacion}}{\text{Total de Ponderacion}} \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

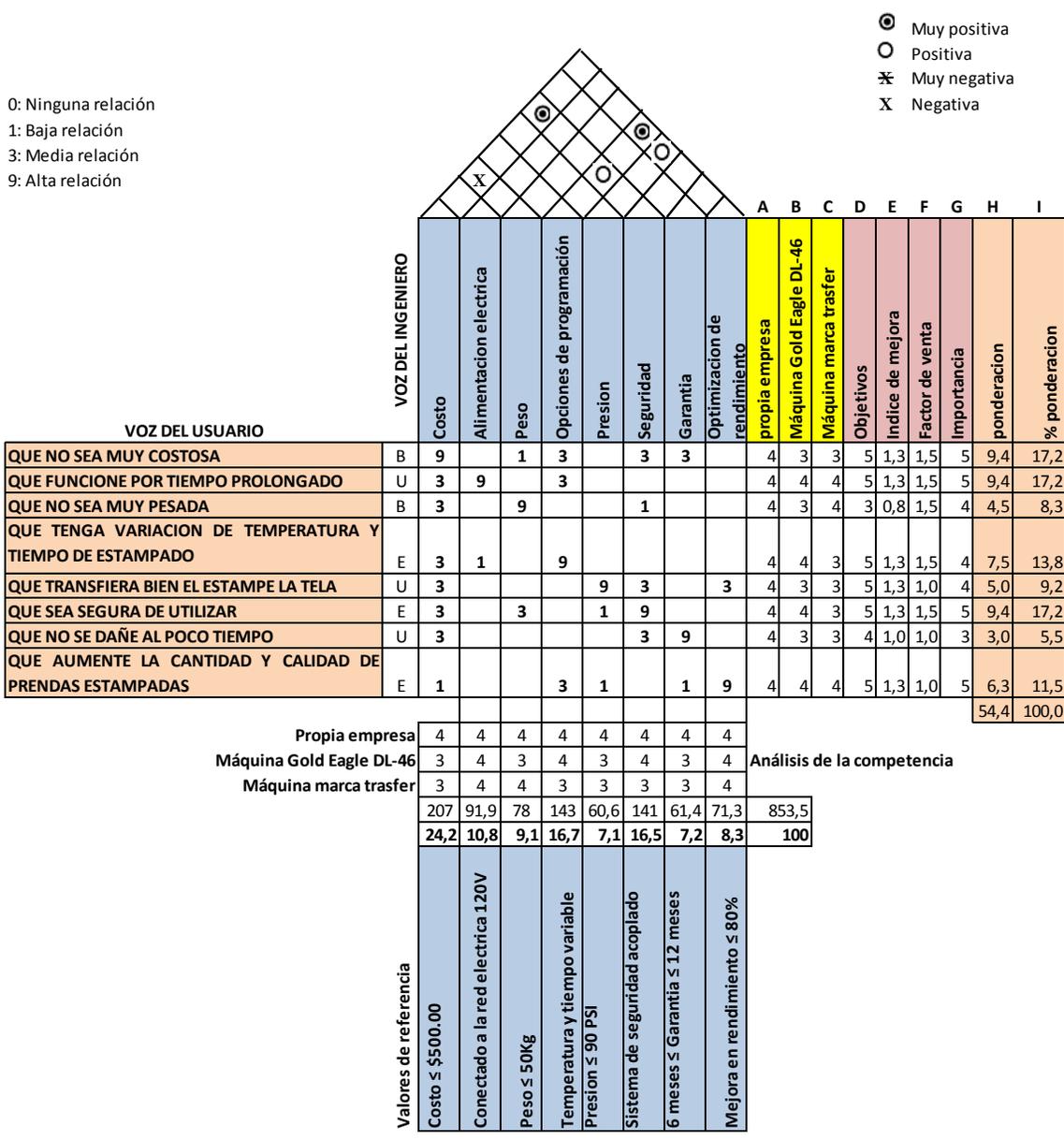


Figura 3.2. Casa de la calidad aplicada a la máquina estampadora.  
 Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Tras realizar el estudio de la casa de la calidad, se determinó que se debe realizar un mayor énfasis en cuatro parámetros que resultaron ser los de mayor incidencia y que concentran el 65.8% de las mejoras, los cuales se describen a continuación por orden de prioridad.

1. Que no sea muy costosa
2. Que funcione por tiempo prolongado
3. Que tenga variación de temperatura y tiempo de estampado
4. Que sea segura de utilizar

### 3.4.1. Especificaciones Técnicas de la Máquina

En la Tabla 3.5, se detallan las características técnicas de la máquina la cual resulta ser la ‘‘Voz del Ingeniero’’, en donde se especifica los rangos o parámetros de funcionamiento los cuales debe cumplir la máquina automatizada.

Tabla 3.5.  
Especificaciones técnicas de la máquina.

| Empresa:<br><b>CHFL S.A.</b> | Producto:<br><b>Máquina estampadora automatizada.</b> | Fecha inicial: 16/11/2015<br>Fecha final: 20/06/2016 |            |   |
|------------------------------|---|--|------------|---|
| <b>ESPECIFICACIONES</b>      |   |  |            |   |
| <b>Concepto</b>              | <b>Fecha</b>  | <b>Propone</b>                                       | <b>R/D</b> | <b>Descripción</b>                      |
| Costo                        | 16/11/2015  | D  | R          | Costo $\leq$ \$500.00                   |
| Alimentación eléctrica       | 16/11/2015  | D  | R          | Conectado a la red eléctrica 120V       |
| Peso                         | 16/11/2015  | D  | R          | Peso $\leq$ 50Kg                        |
| Opciones de programación     | 16/11/2015  | D  | R          | Temperatura y tiempo variable           |
| Presión                      | 16/11/2015  | D  | R          | Presión $\leq$ 90 PSI                   |
| Seguridad                    | 16/11/2015  | D  | D          | Sistema de seguridad acoplado           |
| Garantía                     | 16/11/2015  | D  | D          | 6 meses $\leq$ Garantía $\leq$ 12 meses |
| Mejora de rendimiento        | 16/11/2015  | D  | R          | Mejora en rendimiento $\leq$ 80%        |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Propone: D = Diseño.

R/D: R = Requerimiento, D = Diseño.

### 3.4.2. Incidencia y Correlaciones

Se realiza un análisis de la incidencia entre las características de mayor importancia para la mejora del producto. Se determinó que las características técnicas de mayor importancia son las siguientes:

1. Costo
2. Alimentación eléctrica
3. Opciones de programación
4. Seguridad

Se determinó que las correlaciones de la casa de la calidad entre las características técnicas son positivas y se detallan a continuación en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6.  
Correlaciones entre las características técnicas.

| <b>Correlación muy positiva</b>   | <b>Correlación positiva</b>   | <b>Correlación negativa</b>   |
|---|---|---|
| Al utilizar sensores que aumentan la seguridad de la máquina se incrementa el costo de fabricación de la misma.                                     | Al incluir más algoritmos de programación, estos permiten una lectura precisa de los sensores de seguridad precautelando la integridad del usuario. | Depende de los materiales a utilizar, la máquina será más ligera para facilitar su traslado, pero aumentará el costo final de la misma. |
| Al incluir un mayor número de sensores se detectan los parámetros adecuados para el proceso de estampado, optimizando el rendimiento de la máquina. | Un mejor acabado de la prenda depende de la presión ejercida por la plancha sobre la tela a estampar.   |   |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.5. Análisis Funcional

Para el análisis funcional se inicia con la realización del esquema modular el cual compone la realización del módulo de funcionamiento para el control de estampado automático de la máquina.

#### 3.5.1. Generación del Módulo

En la Figura 3.3, se describe el módulo el cual detalla el funcionamiento de la máquina estampadora.

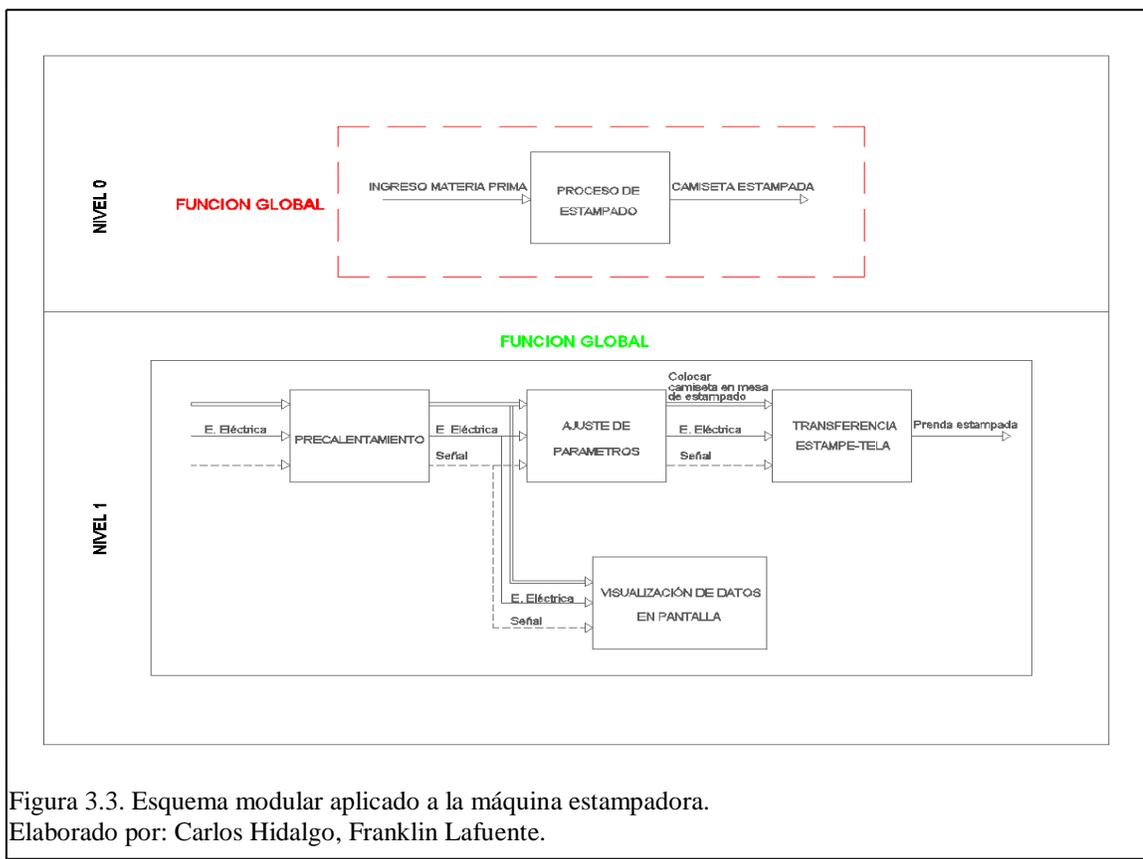


Figura 3.3. Esquema modular aplicado a la máquina estampadora.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Módulo 1: Este módulo detalla las funciones de colocación de la prenda en la mesa de estampado, ajuste de tiempo y temperatura de acuerdo al tipo de tela a estampar y procesamiento de datos de los sensores para cumplir adecuadamente el proceso de estampado.

Las funciones del módulo para la máquina estampadora son las siguientes.

- Colocar prenda en mesa de estampado.
- Ajustar tiempo y temperatura de estampado.
- Procesamiento de los datos enviados por los sensores.

### 3.6. Generar Alternativas de Solución

#### 3.6.1. Módulo 1

En la Tabla 3.7 se determinan cuatro alternativas de solución para el módulo 1.

Tabla 3.7.

Alternativas de solución para el módulo 1.

| FUNCIONES  | ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN |                              |                             |
|--|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Colocar prenda en mesa de estampado                  | Dos mesas para estampado | Una sola mesa para estampado | Cuatro mesas para estampado |
| Ajuste de tiempo y temperatura de estampado          | Potenciómetros           | Teclado                      | Pantalla Touch              |
| Procesamiento de los datos enviados por los sensores | Microprocesador          | Tarjeta Arduino              | PLC                         |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

#### 3.6.2. Ventajas y Desventajas de Cada Alternativa para el Módulo 1

A continuación se presenta el estudio para encontrar las ventajas y desventajas de cada alternativa de solución dependiendo del tipo de función que vaya a tener dentro del proyecto.

- Colocar prenda en mesa de estampado

Solución 1: Dos mesas para estampado.

Solución 1.

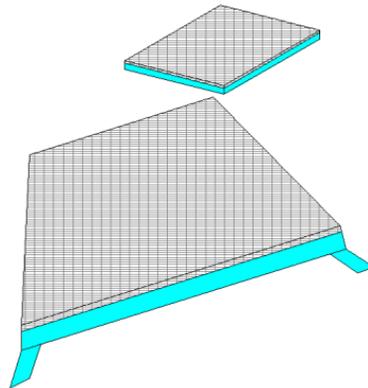


Figura 3.4. Dos mesas de estampado.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Tabla 3.8.  
Ventajas y desventajas del uso de dos mesas de estampado.

| <b>Ventajas</b>  | <b>Desventajas</b>  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Aumenta la cantidad de prendas estampadas.</li><li>• Permite al operador disminuir el tiempo de proceso.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Necesita de piezas mecánicas para su operación.</li><li>• Se aumenta el costo del proyecto.</li></ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Solución 2: Una sola mesa.

Solución 2.

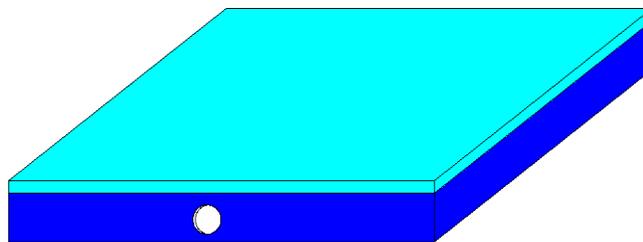


Figura 3.5. Una sola mesa de estampado.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Tabla 3.9.

Ventajas y desventajas del uso de una sola mesa de estampado.

| <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• No aumenta el costo del proyecto.</li> <li>• No se daña el diseño original de la máquina.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se va a observar una innovación en el proyecto.</li> <li>• Las mejoras en el proceso no van a ser significativas.</li> </ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Solución 3. Cuatro mesas de estampado.

Solución 3.

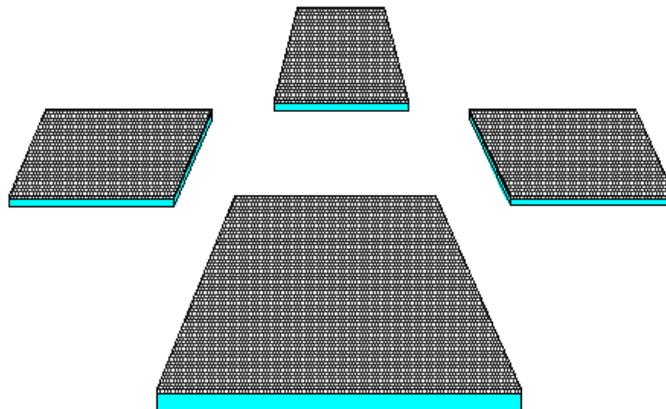


Figura 3.6. Cuatro mesas de estampado.

Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Tabla 3.10.

Ventajas y desventajas del uso de cuatro mesas de estampado.

| <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se aumenta considerablemente la cantidad de prendas estampadas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se necesita de una fuerte inversión para realizar el diseño mecánico y eléctrico.</li> </ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

- Elegir rango de temperatura y tiempo de estampado.

### Solución 1. Potenciómetros.

Solución 1.



Figura 3.7. Potenciómetro.

Fuente: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/potenciometro-3/>.

Tabla 3.11.

Ventajas y desventajas del uso de potenciómetro.

| <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy fácil de manipular.</li> <li>• Resistente en diferentes tipos de ambientes.</li> <li>• De sencilla instalación y conexión en controladores.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su rango de operación depende de la resistencia que tenga.</li> <li>• Suelen romperse al no saberlos manipularlos constantemente.</li> </ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### Solución 2. Teclado

Solución 2.

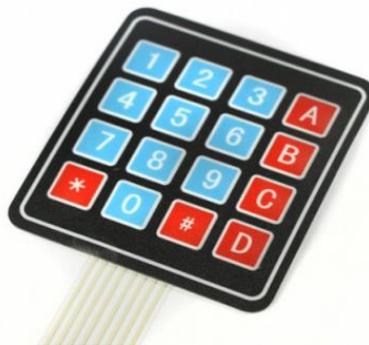


Figura 3.8. Teclado.

Fuente: <http://electronilab.co/tienda/teclado-matricial-de-membrana-4x4-16-digitos/>.

Tabla 3.12.  
Ventajas y desventajas del uso de teclado.

| <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permiten la entrada de múltiples combinaciones de letras y números para entrada de datos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frágiles en ambientes industriales.</li> <li>• Los botones suelen ser muy pequeños.</li> <li>• Requiere programación con librerías propias para su funcionamiento.</li> </ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### Solución 3. Pantalla Touch

Solución 3.



Figura 3.9. Pantalla Touch.

Fuente: <http://tienda.bricogeek.com/pantallas-lcd/700-pantalla-tactil-hdmi-5-pulgadas-800x480.html>.

Tabla 3.13.  
Ventajas y desventajas del uso de pantalla Touch.

| <b>Ventajas</b>  | <b>Desventajas</b>  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite la realización de menú para la selección</li> <li>• Gráficos a colores</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe proteger para usarlo en ambientes industriales.</li> <li>• Su programación es compleja.</li> <li>• Un mayor costo para adquisición.</li> </ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

- Procesamiento de los datos enviados por los sensores.

### Solución 1. Microcontrolador (PIC).

Solución 1.

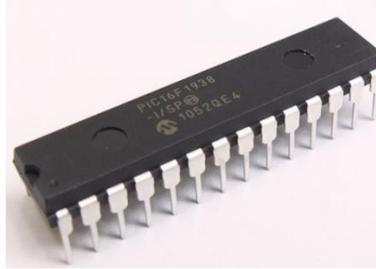


Figura 3.10. Microcontrolador.

Fuente: <http://cosasdeingenieria.com/esp/item/502/51/microcontrolador-pic16f1938-isp>.

Tabla 3.14.

Ventajas y desventajas del uso de Microprocesador.

| Ventajas   | Desventajas   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es muy económico respecto a otros controladores.</li> <li>• Existen diferentes tipos de software para programarlos.</li> <li>• Tienen diversos protocolos de comunicación.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe realizar circuitería para su funcionamiento.</li> <li>• Se debe desmontar para programarlo.</li> <li>• Sus pines son susceptibles a romperse.</li> </ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### Solución 2. Tarjeta Arduino

Solución 2.



Figura 3.11. Tarjeta Arduino.

Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>.

Tabla 3.15.  
Ventajas y desventajas del uso de Arduino.

| <b>Ventajas</b>  | <b>Desventajas</b>   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software gratuito descargable desde la página web de Arduino.</li> <li>• Existen varios modelos de acuerdo al número de entradas analógicas y digitales que necesitemos.</li> <li>• Existen mucha diversidad de tutoriales para programar.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frágil en ambientes externos o industriales.</li> <li>• No cuenta con memoria externa.</li> </ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### Solución 3. PLC

Solución 3.



Figura 3.12. PLC.  
Fuente: <http://www.fatek.com/en/prod.php?catId=5>.

Tabla 3.16.  
Ventajas y desventajas del uso de PLC.

| <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posee módulos de expansión para procesos complejos.</li> <li>• Posee protocolos de comunicación industrial.</li> <li>• Tiene memoria externa.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor costo que otros tipos de controlador.</li> <li>• Su programación se realiza mediante software licenciado.</li> <li>• Sus módulos tienen un precio extra.</li> </ul> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.6.3. Selección de la Alternativa Módulo 1

De las alternativas vistas anteriormente se ha determinado seleccionar las siguientes soluciones para el módulo 1.

Tabla 3.17.  
Soluciones para el módulo 1.

| Funciones  | Alternativas de solución |                            |                           |
|--|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Colocar prenda en mesa de estampado                  | Dos mesas para estampado | Una sola mesa de estampado | Cuatro mesas de estampado |
| Elegir rango de temperatura y tiempo de estampado    | Potenciómetros           | Teclado                    | Pantalla Touch            |
| Procesamiento de los datos enviados por los sensores | Microcontrolador (PIC)   | Tarjeta Arduino            | PLC                       |

A1
A2
A3

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Tabla 3.18, se muestra las soluciones que pertenecen a la Alternativa 1.

Tabla 3.18.  
Alternativa de solución 1.

| Funciones  | Alternativas de solución |
|--|--------------------------|
| Colocar prenda en mesa de estampado                  | Dos mesas para estampado |
| Elegir rango de temperatura y tiempo de estampado    | Potenciómetros           |
| Procesamiento de los datos enviados por los sensores | Tarjeta Arduino          |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Tabla 3.19, se muestra las soluciones que pertenecen a la Alternativa 2.

Tabla 3.19.

Alternativa de solución 2.

| <b>Funciones</b>                                     | <b>Alternativas de solución</b> |
|--|---------------------------------|
| Colocar prenda en mesa de estampado                  | Una sola mesa para estampado    |
| Elegir rango de temperatura y tiempo de estampado    | Teclado                         |
| Procesamiento de los datos enviados por los sensores | Microcontrolador (PIC)          |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Tabla 3.20, se muestra las soluciones que pertenecen a la Alternativa 3.

Tabla 3.20.

Alternativa de solución 3.

| <b>Funciones</b>                                     | <b>Alternativas de solución</b> |
|--|---------------------------------|
| Colocar prenda en mesa de estampado                  | Cuatro mesas para estampado     |
| Elegir rango de temperatura y tiempo de estampado    | Pantalla Touch                  |
| Procesamiento de los datos enviados por los sensores | PLC                             |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### **3.7. Generación de la Primera Solución**

Para generar la solución se debe tomar en cuenta las características más importantes y determinantes para la realización del proyecto que se obtuvieron mediante el análisis de la casa de la calidad, los criterios más importantes son los siguientes:

1. Costo
2. Alimentación eléctrica
3. Opciones de programación
4. Seguridad

La relación que hay entre cada uno de los criterios es el siguiente:

**Costo > Alimentación eléctrica > Opciones de programación > Seguridad > Optimización de rendimiento.**

A partir de estos datos se realizara la evaluación del peso específico de cada criterio como se muestra en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21.  
Evaluación del peso específico de cada criterio.

| Criterio                 | Costo | Alimentación el | Opciones de pr | Seguridad | Sumatoria +1 | Ponderacion |
|--------------------------|-------|-----------------|----------------|-----------|--------------|-------------|
| Costo                    |       | 1               | 1              | 1         | 4            | 0,4         |
| Alimentación eléctrica   |       |                 | 1              | 1         | 3            | 0,3         |
| Opciones de programación |       |                 |                | 1         | 2            | 0,2         |
| Seguridad                |       |                 |                |           | 1            | 0,1         |
|                          |       |                 |                |           | 10           | 1           |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.7.1. Análisis del Módulo 1

En la Tabla 3.22, se puede observar el estudio del criterio Costo.

Tabla 3.22.  
Evaluación del criterio Costo.

| Costo         | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 3 | SUMATORIA+1 | PONDERACION |      |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|------|
| ALTERNATIVA 1 |               |               | 1             | 1           | 3           | 0.5  |
| ALTERNATIVA 2 | 0             |               |               | 1           | 2           | 0.33 |
| ALTERNATIVA 3 | 0             | 0             |               |             | 1           | 0.17 |
|               |               |               | SUMATORIA     |             | 6           | 1    |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Tabla 3.23, se puede observar el estudio del criterio Alimentación Eléctrica.

Tabla 3.23.  
Evaluación del criterio Alimentación eléctrica.

| Alimentacion electrica | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 3 | SUMATORIA+1 | PONDERACION |      |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|------|
| ALTERNATIVA 1          |               | 0             |               | 0           | 1           | 0.17 |
| ALTERNATIVA 2          | 0             |               |               | 0.5         | 2.5         | 0.42 |
| ALTERNATIVA 3          | 0             | 0.5           |               |             | 2.5         | 0.42 |
|                        |               |               | SUMATORIA     |             | 6           | 1    |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Tabla 3.24, se puede observar el estudio del criterio Opciones de Programación.

Tabla 3.24.

Evaluación del criterio Opciones de programación.

| Opciones de programación | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 3 | SUMATORIA+1 | PONDERACION |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| ALTERNATIVA 1            |               | 0             | 0             | 1           | 0.17        |
| ALTERNATIVA 2            | 0             |               | 0.5           | 2.5         | 0.42        |
| ALTERNATIVA 3            | 0             | 0.5           |               | 2.5         | 0.42        |
|                          |               |               | SUMATORIA     | 6           | 1           |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Tabla 3.25, podemos observar el estudio del criterio Seguridad.

Tabla 3.25.

Evaluación del criterio Seguridad.

| Seguridad     | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 3 | SUMATORIA+1 | PONDERACION |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| ALTERNATIVA 1 |               | 0             | 0             | 1           | 0.17        |
| ALTERNATIVA 2 | 0             |               | 0             | 2.5         | 0.42        |
| ALTERNATIVA 3 | 0             | 0.5           |               | 2.5         | 0.42        |
|               |               |               | SUMATORIA     | 6           | 1           |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Con los datos obtenidos en el estudio de criterios ponderados se llegó a la conclusión que la Alternativa 1 es la mejor opción que nos permitirá realizar el proyecto cumpliendo con cada uno de los criterios que exige el cliente, como lo indica la Tabla 3.26.

Tabla 3.26.

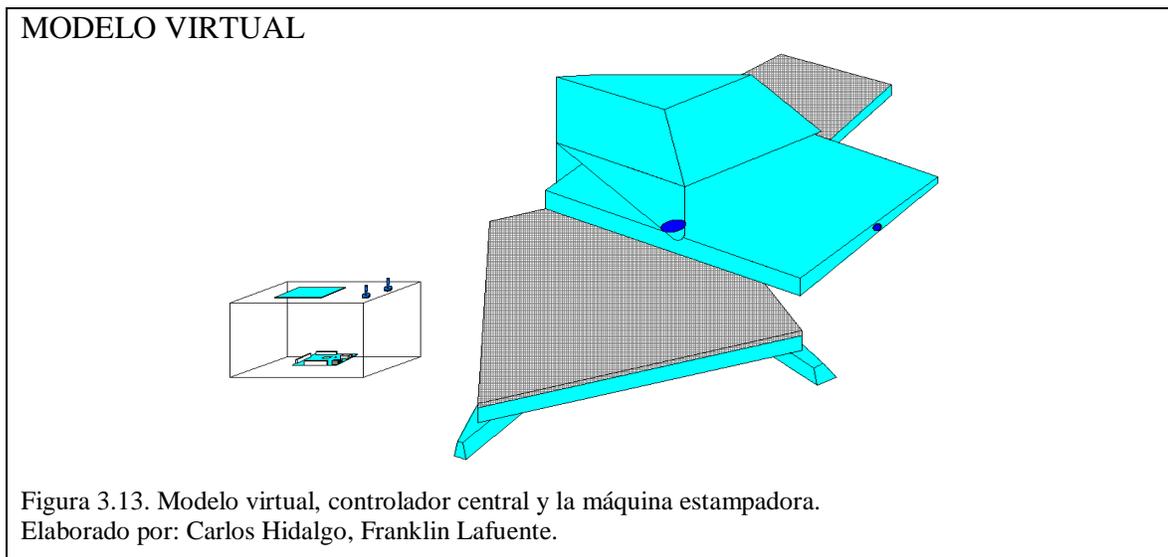
Conclusiones módulo 1.

| CONCLUSION    | Costo | Alimentacion electrica | Opciones de programación | Seguridad   | SUMATORIA | PRIORIDAD |
|---------------|-------|------------------------|--------------------------|-------------|-----------|-----------|
| ALTERNATIVA 1 | 0.2   | 0.05                   | 0.033333333              | 0.016666667 | 0.3       | 3         |
| ALTERNATIVA 2 | 0.132 | 0.125                  | 0.083333333              | 0.041666667 | 0.382     | 1         |
| ALTERNATIVA 3 | 0.068 | 0.125                  | 0.083333333              | 0.041666667 | 0.318     | 2         |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.7.2. Modelo Virtual

El modelo virtual para la primera solución se observa en la Figura 3.13, en el cual se detalla cómo estará constituida la máquina y el módulo central, el cual contendrá tanto la tarjeta Arduino, los potenciómetros y a la pantalla GLCD para brindar comodidad al operador, al momento de visualizar y cambiar la configuración del sistema, esta característica se observó en cada uno de los modelos de máquinas y en el análisis de la competencia.



### 3.7.3. Discusión y Revisión de la Primera Solución

El problema planteado sobre el proceso de estampado se resuelve por medio de la creación de una máquina estampadora automatizada, por esa razón se escogió el método de criterios ponderados para elegir la mejor alternativa de solución, que se apegue a los criterios más importantes de la casa de la calidad que se detallan a continuación por orden de importancia.

5. Costo
6. Alimentación eléctrica
7. Opciones de programación
8. Seguridad

El estudio del módulo 1 determinó que la alternativa 1 es la solución más viable para la creación de la máquina cuyos componentes se detallan a continuación.

- Colocar prenda en mesa de estampado
- Elegir rango de temperatura y tiempo de estampado
- Procesamiento de los datos enviados por los sensores

### 3.8. Cálculo de los Cilindros Neumáticos.

Es muy importante realizar el cálculo de los cilindros neumáticos a utilizar en el sistema teniendo en cuenta valores como la presión del compresor para realizar el desplazamiento de la plancha sin dificultad y de esta forma mejorar rendimiento de la máquina, en este caso los cálculos se lo realizará teniendo en cuenta un compresor de 2hp de la marca PTK con una presión máxima de 8bar cuyas características se muestran en la tabla 3.27.

Tabla 3.27.  
Características técnicas compresor PTK 2hp.

| <b>DATOS TECNICOS COMPRESOR PTK</b> |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Voltaje                             | 120V        |
| Potencia                            | 2 HP        |
| Caudal de aire                      | 236 L/min   |
| Presión                             | 115PSI/8bar |
| Capacidad tanque                    | 40 Litros   |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Se dispone de dos cilindros neumáticos doble efecto cuyas características se muestran en la Tabla 3.28, los cuales antes de montarlos en el sistema deben cumplir con los requerimientos obtenidos en el siguiente estudio.

Tabla 3.28.  
Características del cilindro doble efecto.

|                  |       |
|------------------|-------|
| Longitud embolo  | 11cm  |
| Diámetro embolo  | 3,5cm |
| Diámetro vástago | 1,5cm |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Sección en el avance:

$$S_{\text{avance}} = \frac{\pi \phi^2 e}{4} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

$$S_{\text{avance}} = \frac{(3.1416)(3.5)^2}{4}$$

$$S_{\text{avance}} = 9.62 \text{cm}^2$$

Sección del vástago:

$$S_{\text{vástago}} = \frac{\pi \phi^2 v}{4} \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

$$S_{\text{vástago}} = \frac{(3.1416)(1.5)^2}{4}$$

$$S_{\text{vástago}} = 1.76 \text{cm}^2$$

Sección de retroceso:

$$S_{\text{retroceso}} = \frac{\pi \phi^2 e}{4} - \frac{\pi \phi^2 v}{4} \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

$$S_{\text{retroceso}} = (9.62 - 1.76) \text{cm}^2$$

$$S_{\text{retroceso}} = 7.86 \text{cm}^2$$

Donde:

$\phi e$  = Diámetro del émbolo

$\phi v$  = Diámetro del vástago

### 3.8.1. Cálculo de la Fuerza del Émbolo.

La fuerza teórica del émbolo en avance y retroceso se calcula con las siguientes ecuaciones tomando en cuenta un rozamiento del 5%:

Fuerza real avance:

$$F = p \cdot S \text{ avance} - \text{rozamiento} \quad (\text{Ecuación 3.7})$$

$$F = \left(8.16 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) (9.62 \text{cm}^2) - 0.05$$

$$F = 78.44 \text{ Kg}$$

Fuerza real retroceso:

$$F = p \cdot S \text{ retroceso} - \text{rozamiento} \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

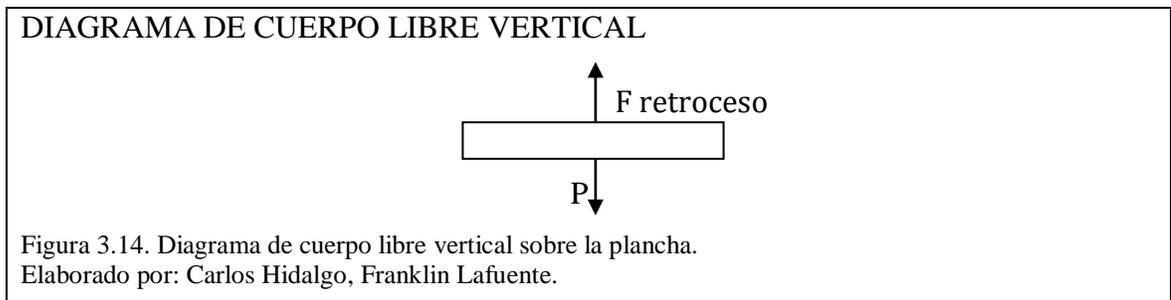
$$F = \left(8.16 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) (7.86 \text{cm}^2) - 0.05$$

$$F = 64.08 \text{ Kg}$$

Donde:

$p$  = presión de aire.

En la Figura 3.14 se puede apreciar el diagrama de cuerpo libre vertical de la máquina.



En la Figura 3.15 se puede apreciar el diagrama de cuerpo libre horizontal de la máquina, en la ecuación 3.9 se realiza el cálculo del peso de la plancha.

Peso de la plancha:

$$P = m \cdot g \quad (\text{Ecuación 3.9})$$

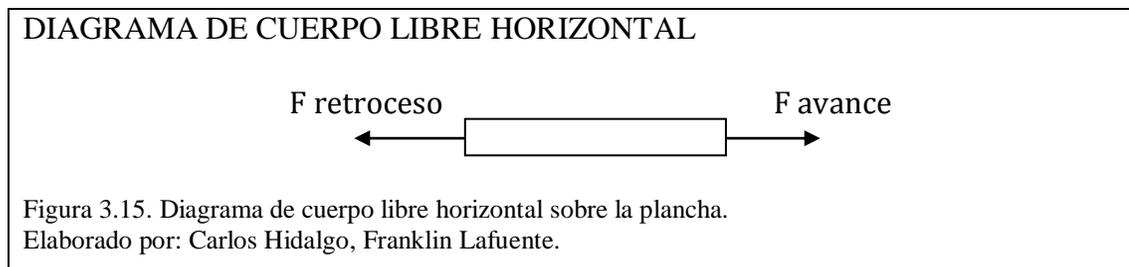
$$P = (10\text{kg}) (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$P = 98\text{N}$$

$$P = 10\text{kgf}$$

Donde:

$$1\text{kgf} = 9.8\text{N}$$



En el estudio se determinó que los cilindros tienen una fuerza teórica de retroceso de 64.08 kg y una fuerza teórica de avance de 78.44 kg, por lo tanto cumplen con las condiciones necesarias para el movimiento vertical y horizontal de la plancha, cuyo peso es de 10 kgf.

### 3.9. Plano de Conjunto

En la Figura 3.16 se puede observar la disposición de las mesas de estampado que facilitarán la colocación de la prenda a estampar al inicio de cada secuencia de producción.

### DISEÑO DE LA MÁQUINA Y UBICACIÓN DE MESAS DE ESTAMPADO

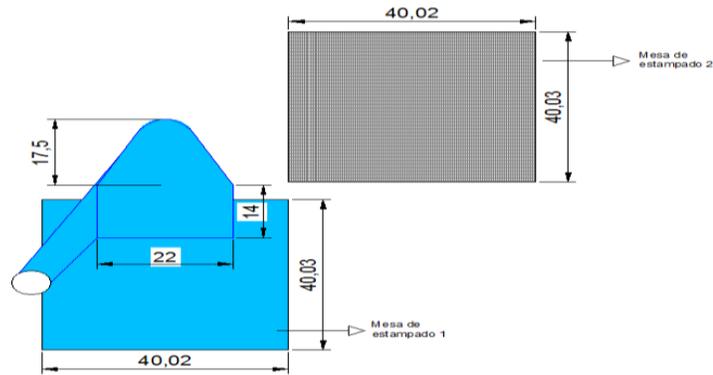


Figura 3.16. Diseño de la máquina y ubicación de ambas mesas para estampado hecho en autocad  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Figura 3.17, se observa el mecanismo que le permitirá a la plancha realizar el movimiento vertical, por ello se añadió un cilindro doble efecto en la parte superior de la plancha que le permitirá subir o bajar al momento de realizar el proceso de estampado, este cilindro se encontrará sujeto por medio de un pistón a la base superior de plancha.

### DISEÑO DE LA MÁQUINA CON EL CILINDRO PARA MOVIMIENTO VERTICAL EN VISTA FRONTAL

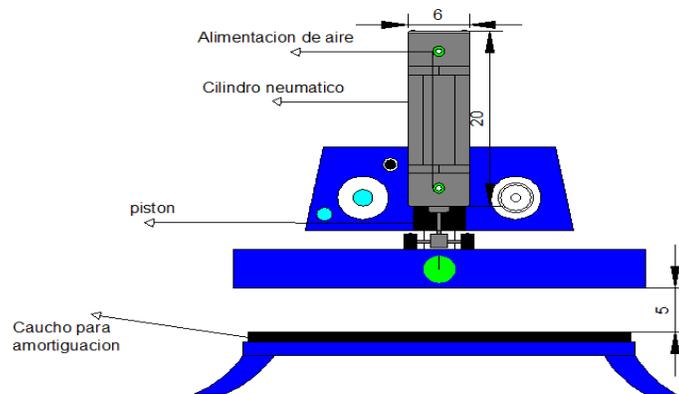
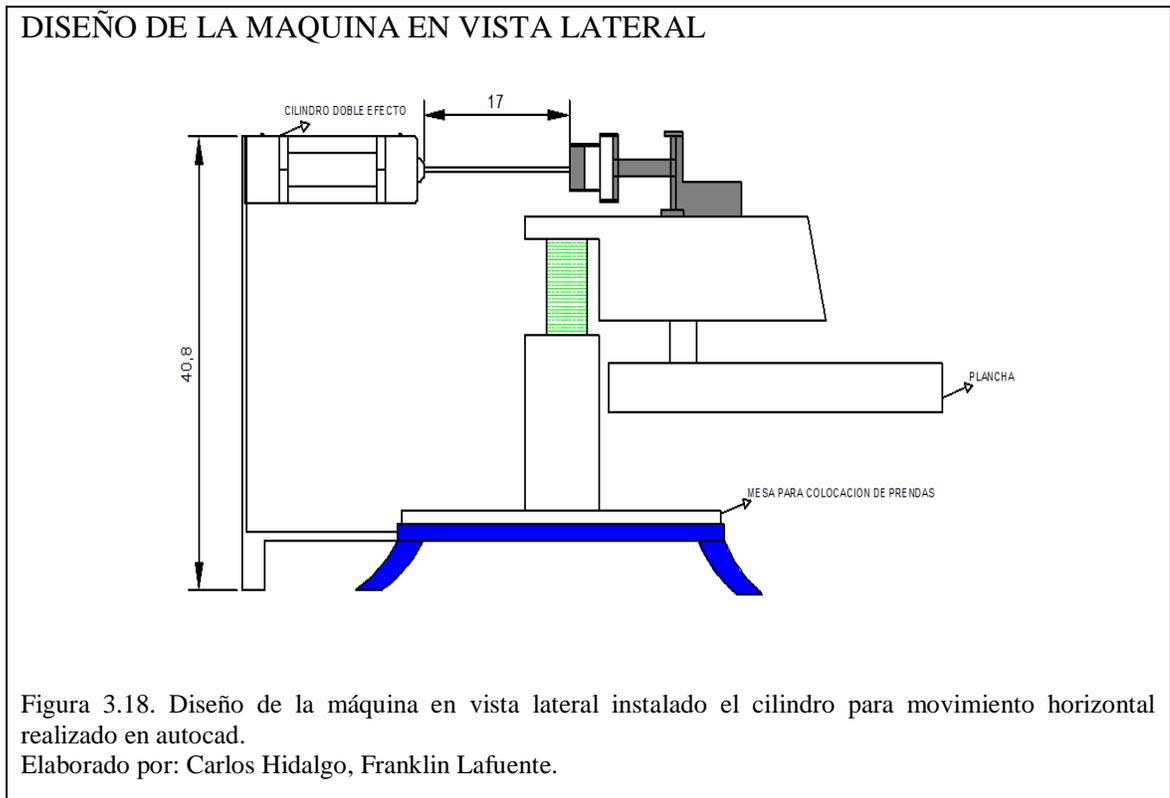
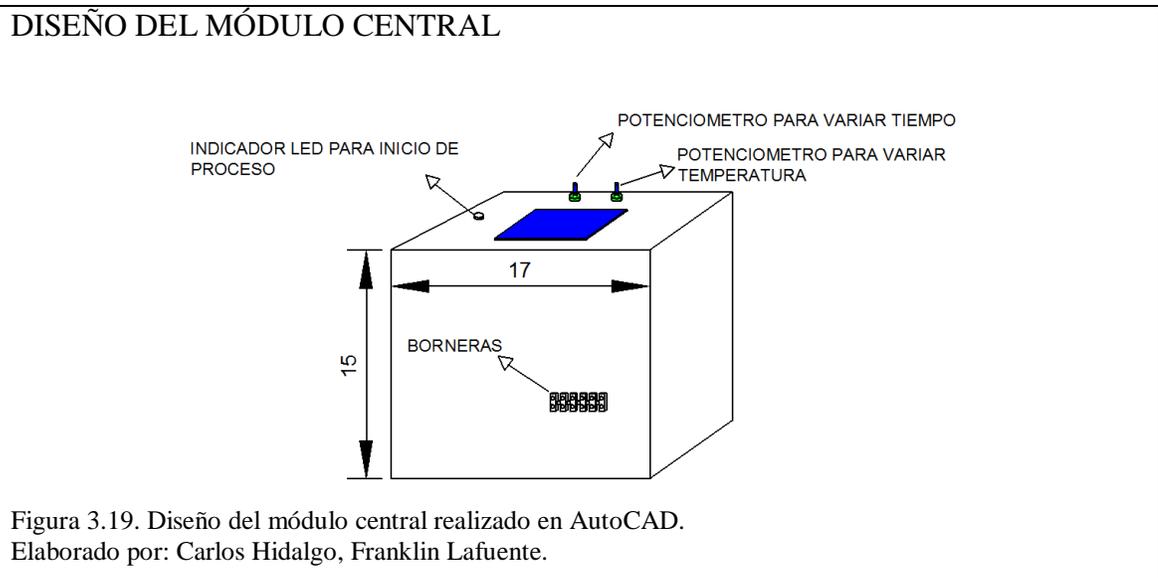


Figura 3.17. Diseño frontal de la máquina con el cilindro realizado en autocad  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

Como indica la Figura 3.18, se instalará un mecanismo mecánico en el casco de la máquina que permitirá girar 90° en su propio eje para alternar entre las mesas de estampado.



El módulo central estará protegido por una caja fabricada de acrílico, por ser un material liviano y resistente a condiciones ambientales, que además permitirá colocar, proteger y visualizar los elementos que conforman los circuitos como se muestra en la Figura 3.19.



### 3.9.1. Discusión y Revisión del Plano de Conjunto.

El plano de conjunto permite observar de forma detallada cómo va a estar construida la máquina y la ubicación de cada uno de los componentes de la misma, que servirá además para corregir ajustes de ingeniería que podrían comprometer el funcionamiento de la máquina estampadora.

El plano de conjunto además permitió conocer que la máquina contará con cada una de las características más importantes de la casa de la calidad, por lo que llena las expectativas tanto del cliente como del diseñador para la estructuración del proyecto.

### 3.10. Control de Temperatura

La adquisición de señal de temperatura en la plancha se realizará con la colocación de un sensor PT-100 por ser un dispositivo que soporta más de 500°C a comparación de otros sensores y de esta forma cumple con los requerimientos del sistema, el sensor PT-100 facilitará conocer el incremento de temperatura en la plancha y enviará los datos hacia el controlador central para visualizarlos en la pantalla. El sensor RTD es un sensor resistivo, es decir, al cambiar su temperatura el valor de su resistencia varía proporcionalmente. La variación de resistencia es muy pequeña en comparación a la

variación de temperatura como se muestra en la Tabla 3.29, por lo cual se requiere de un circuito que permita detectar esta mínima variación.

Tabla 3.29.

Datos obtenidos experimentalmente, con una sonda de temperatura y multímetro.

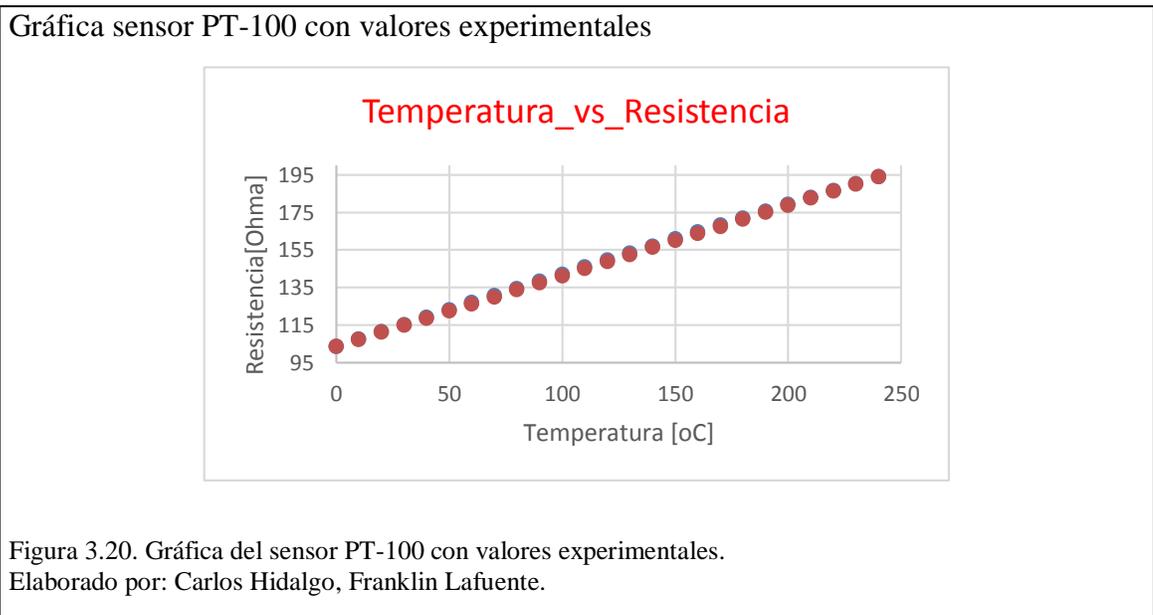
| Temperatura. | Resistencia. |
|--------------|--------------|
| 0            | 103.51       |
| 10           | 107.41       |
| 20           | 111.29       |
| 30           | 115.16       |
| 40           | 119.01       |
| 50           | 122.86       |
| 60           | 126.89       |
| 70           | 130.51       |

| Temperatura. | Resistencia. |
|--------------|--------------|
| 80           | 134.32       |
| 90           | 138.12       |
| 100          | 141.91       |
| 110          | 145.69       |
| 120          | 149.45       |
| 130          | 153.2        |
| 140          | 156.95       |
| 150          | 160.68       |

| Temperatura. | Resistencia. |
|--------------|--------------|
| 160          | 164.39       |
| 170          | 168.1        |
| 180          | 171.79       |
| 190          | 175.47       |
| 200          | 179.14       |
| 210          | 182.81       |
| 220          | 186.45       |
| 230          | 190.09       |
| 240          | 193.72       |

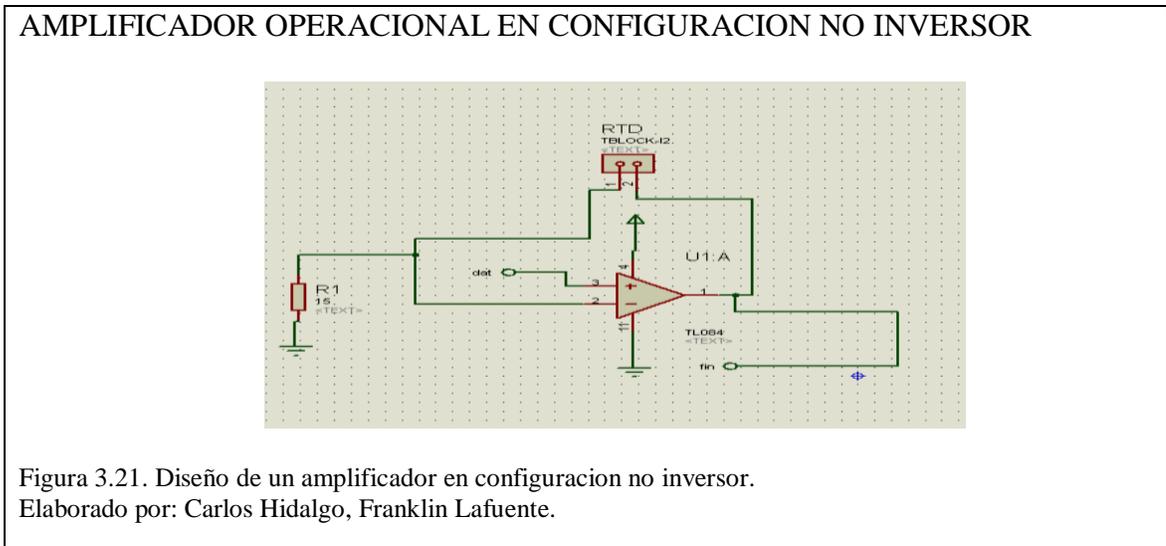
Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Figura 3.20 se puede observar que el aumento de resistencia al incrementar la temperatura en el sensor PT-100 es lineal.



En la Tabla 3.29, se puede apreciar que la resistencia del RTD varía de 103 ohm a 193 ohm, es decir que su temperatura varia de 0°C a 250°C, por lo que tiene una variación aproximada de 2.65 ohms al aumentar un grado, por esa razón se utilizará un

amplificador operacional en configuración no inversor para acoplar la señal del sensor a la tarjeta Arduino.



En la Figura 3.21, se puede observar la conexión que se debe aplicar en el amplificador donde R1 es una resistencia de 15 ohm y el sensor RTD variará entre los 103 ohm y 197 ohm, el sensor está conectado entre la entrada inversora y la salida, haciendo realimentación a la entrada, al amplificador se alimenta con un voltaje de entrada de 0.35 VDC, al aplicar la ecuación del amplificador en configuración no inversor  $V_{out} = V_{in}(1 + \frac{RTD}{R1})$  (Ecuación 3.10) se obtiene los datos que se muestran en la Tabla 3.30.

Tabla 3.30.  
Datos obtenidos con la simulación del circuito no inversor.

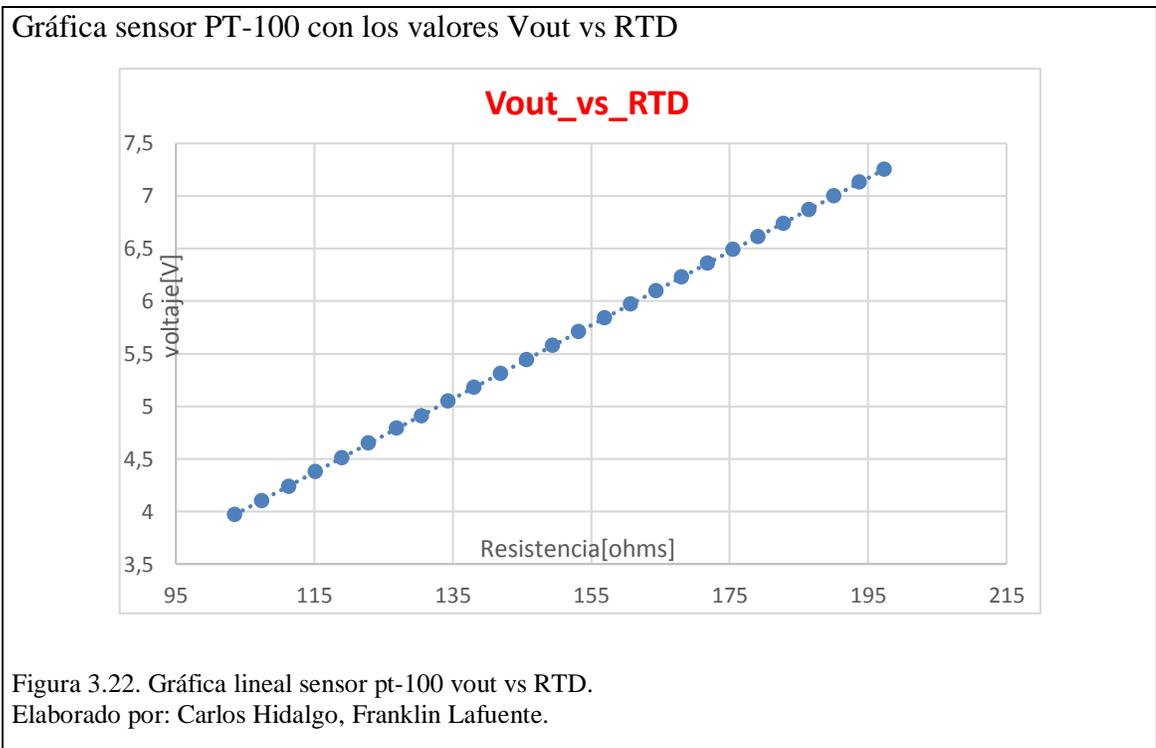
| Temp[oC] | RTD[ohm] | Vout[V] |
|----------|----------|---------|
| 180      | 171.79   | 6.36    |
| 190      | 175.47   | 6.49    |
| 200      | 179.14   | 6.61    |
| 210      | 182.81   | 6.74    |
| 220      | 186.45   | 6.87    |
| 230      | 190.09   | 7       |
| 240      | 193.72   | 7.13    |
| 250      | 197.33   | 7.25    |

| Temp[oC] | RTD[ohm] | Vout[V] |
|----------|----------|---------|
| 90       | 138.12   | 5.18    |
| 100      | 141.91   | 5.31    |
| 110      | 145.69   | 5.44    |
| 120      | 149.45   | 5.58    |
| 130      | 153.2    | 5.71    |
| 140      | 156.95   | 5.84    |
| 150      | 160.68   | 5.97    |
| 160      | 164.39   | 6.1     |
| 170      | 168.1    | 6.23    |

| Temp[oC] | RTD[ohm] | Vout[V] |
|----------|----------|---------|
| 0        | 103.51   | 3.97    |
| 10       | 107.41   | 4.1     |
| 20       | 111.29   | 4.24    |
| 30       | 115.16   | 4.38    |
| 40       | 119.01   | 4.51    |
| 50       | 122.86   | 4.65    |
| 60       | 126.89   | 4.79    |
| 70       | 130.51   | 4.91    |
| 80       | 134.32   | 5.05    |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Figura 3.22 se observa la linealidad en el aumento del voltaje de salida en el amplificador operacional en configuración no inversor.



Al observar los datos de la Tabla 3.31, se verificó que cuando el voltaje de salida varía en 0.01V aproximadamente se incrementa un grado de temperatura, es decir la variación de temperatura de salida es la adecuada para el registro ADC (Convertor análogo digital) de la tarjeta Arduino. En la columna que corresponde a los valores de voltaje se observa que llega a 7.25 VDC; Arduino solo acepta hasta 5 VDC en la entrada del ADC, para solucionar esto se recurre a 3 diodos en serie para bajar el voltaje. También se usa un diodo zener de 5V que sostendrá el voltaje en caso de que la salida del operacional excediera los 5 voltios,

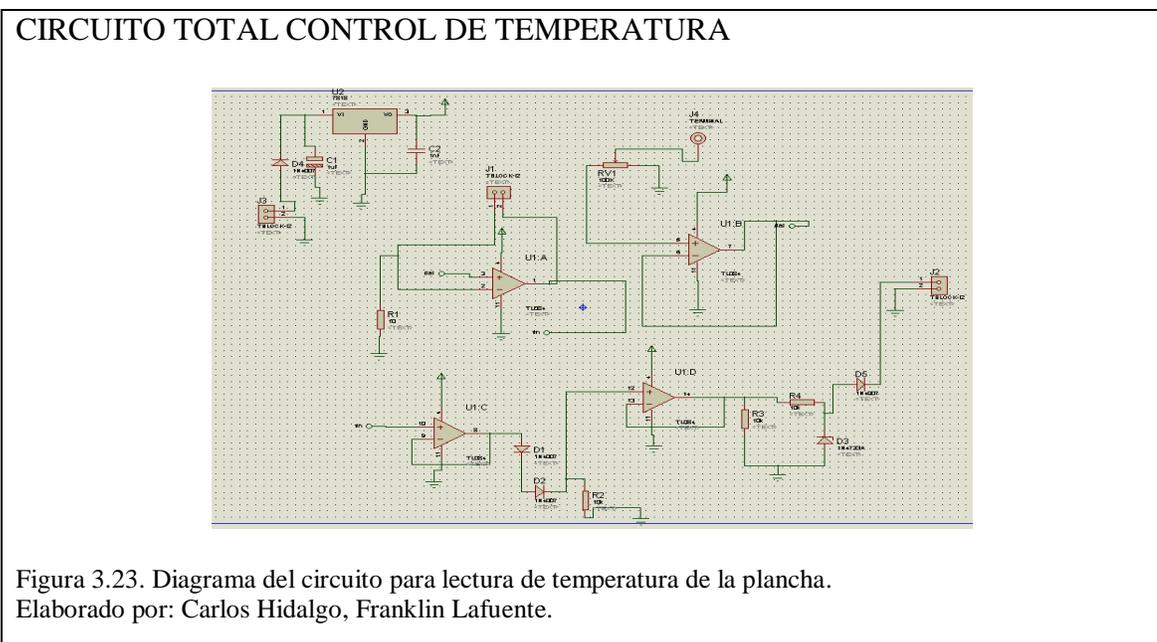
Tabla 3.31.

Variación entre temperatura y voltaje para la lectura de la tarjeta Arduino.

| Temperatura máxima  | Temperatura mínima  |                             |         |
|---|---|-----------------------------|---------|
| 250   | 0   |                             |         |
| Voltaje máximo  | Voltaje mínimo  | Rango de trabajo de voltaje |         |
| 7.25  | 3.97  | 3.28                        |         |
| Usando 3 diodos en serie para bajar el voltaje al rango de trabajo de la tarjeta Arduino. |   |                             |         |
| 4.95  | 1.67  | 3.28                        |         |
| Variación entre temperatura y voltaje   | $\frac{\text{variación de voltaje}}{\text{variación de temperatura}}$ |                             | 0.01312 |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Figura 3.23, se puede observar el diagrama del circuito total para el acondicionamiento de la señal de temperatura con el sensor PT-100.



Para el monitoreo de temperatura en cada mesa se colocará un sensor de temperatura LM-35, esto principalmente para detectar la temperatura óptima de estampado dependiendo de la tela a utilizar. Este tipo de sensor tiene un rango de temperatura de

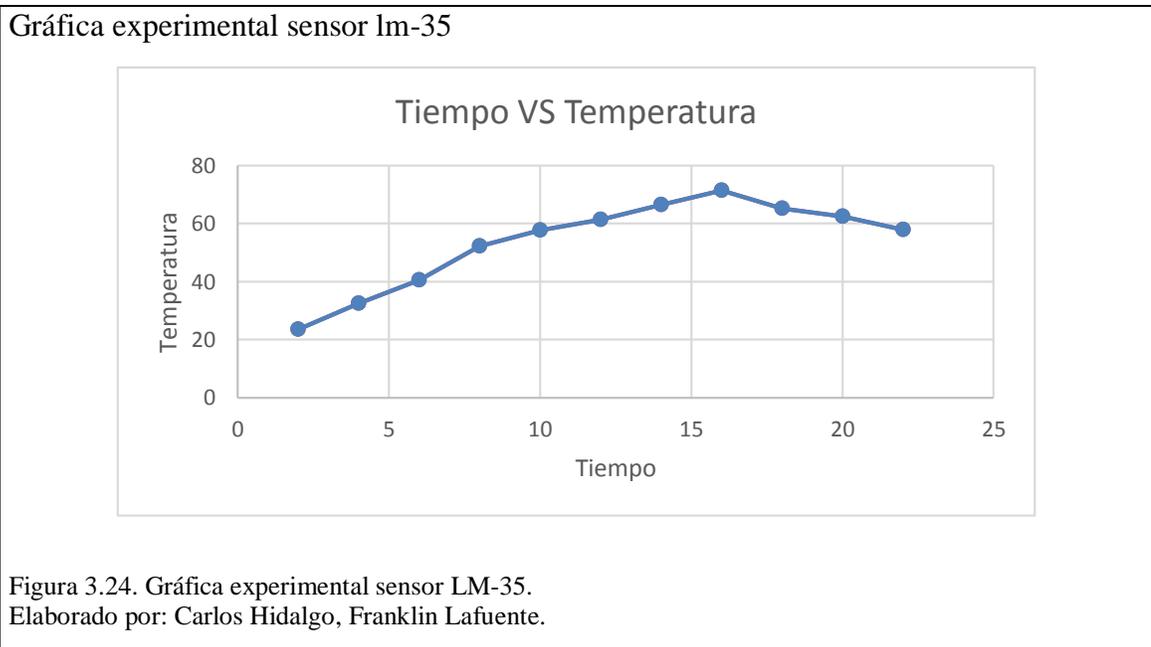
entre  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$  por esa razón es ideal para los rangos de temperatura que se manejan en la mesa de estampado, en la Tabla 3.32 se muestra la temperatura de la mesa al estar calentándola con la plancha por un tiempo prolongado.

Tabla 3.32.  
Datos obtenidos con el sensor LM-35.

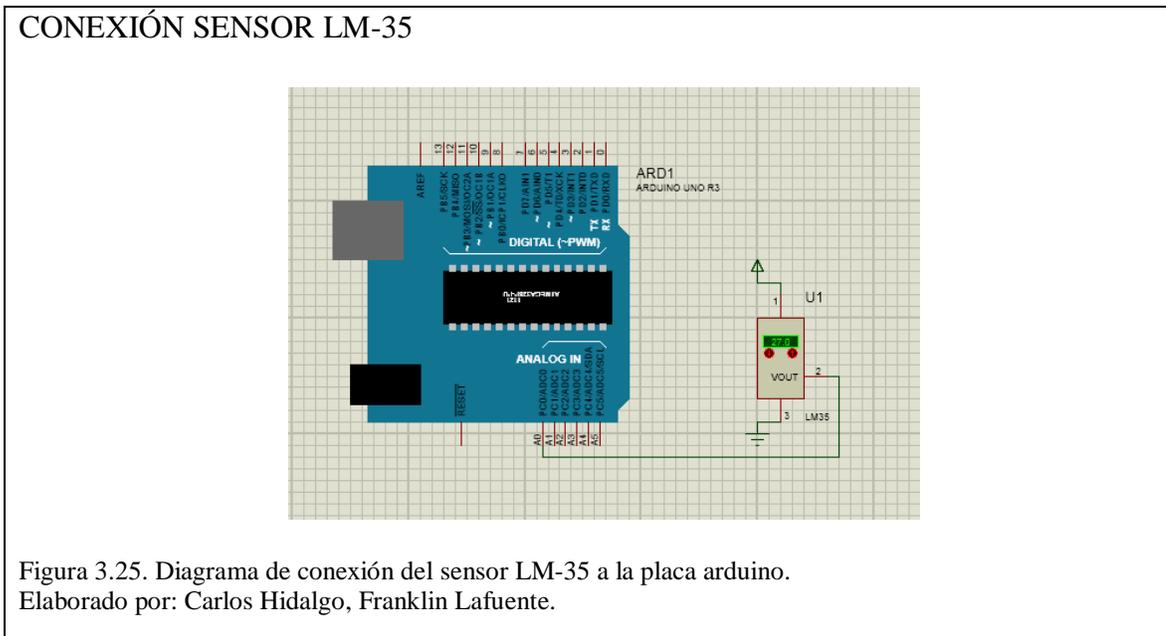
| Tiempo(seg) | Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|-------------|------------------------------------|
| 2           | 23.44                              |
| 4           | 32.5                               |
| 6           | 40.53                              |
| 8           | 52.25                              |
| 10          | 57.62                              |
| 12          | 61.32                              |
| 14          | 66.54                              |
| 16          | 71.5                               |
| 18          | 65.2                               |
| 20          | 62.4                               |
| 22          | 57.8                               |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Figura 3.24 se observa que el incremento de temperatura en la mesa de estampado es lineal y de igual manera su decremento al enfriarse la mesa.



El sensor de temperatura LM-35 no necesita de una circuitería adicional para conectarlo a la tarjeta Arduino, esto principalmente debido a su baja impedancia de salida y salida lineal, en la Figura 3.25, se observa el diagrama de conexión a la placa Arduino.



### 3.11. Circuito de Alimentación

Los diferentes elementos del controlador trabajan a diferentes voltajes DC. La fuente switching entrega 24 VDC con un amperaje de 5A al controlador, para acoplar los diferentes valores de voltaje requeridos por el sistema se usan reguladores de voltaje de la familia LM78XX. Existen capacitores a la entrada de cada etapa de regulación para eliminar el ruido y el voltaje de rizado, también existen diodos de protección en la entrada del circuito en caso de una incorrecta conexión. Se debe considerar el amperaje que cada regulador suministra a su carga respectiva para mantener la temperatura de los circuitos dentro de los rangos de trabajo, por esta razón se dividió al circuito en dos etapas como se observa en la Figura 3.26, La etapa uno (LM7815, LM7809) alimentan a Arduino y pantalla, la etapa dos (LM7812, LM7805) alimenta a: relés, ventilador, sensores.



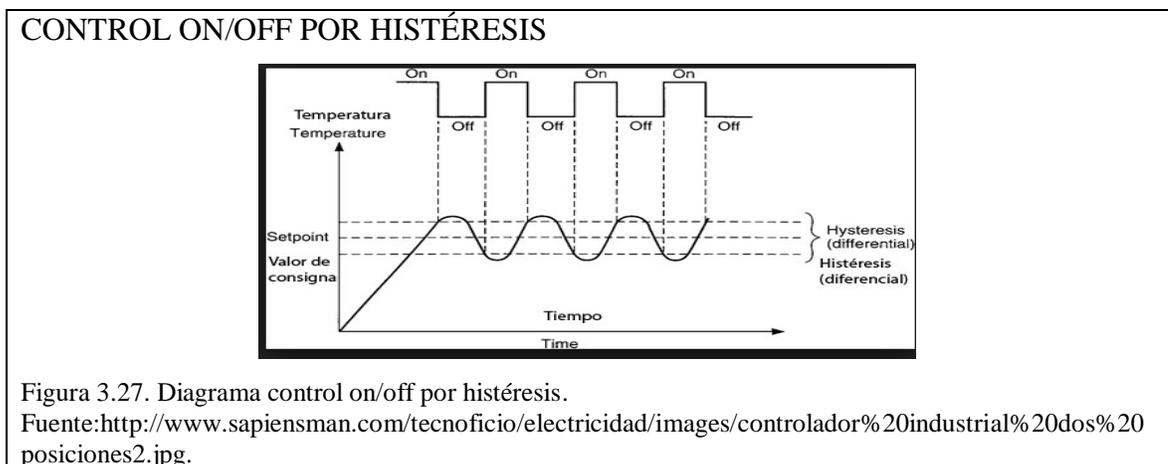
### 3.12. Interfaz de Visualización y Control de Estampado

El operador realizará el control de estampado mediante la utilización de un grupo de botoneras tipo industrial ubicadas en la parte inferior de la mesa que es de fácil acceso al operador, existirán dos botones para realizar el movimiento horizontal y uno para el vertical, ya que la variable de tiempo programada por el operador y la lectura del sensor LM-35 dará la orden para elevar la plancha y de esta manera seguir con el proceso de estampado en la siguiente mesa, además contará con un botón de paro tipo hongo con enclavamiento para finalizar el proceso en caso de emergencia.

### 3.13. Control on/off con Relé de Estado Sólido

El relé de estado sólido es un elemento conmutador que trabaja a potencias altas y que permitirá realizar control on/off de la máquina, este dispositivo ayudará a controlar la temperatura final deseada para cada tipo de tela mediante el potenciómetro que se colocará en el módulo central, además que permitirá tener un ahorro energético considerable al trabajar en largas jornadas de trabajo.

El control on/off por histéresis es uno de los métodos más empleados para controlar temperatura, consiste en otorgar un franja de trabajo o tolerancia para cambiar el estado del sistema como se observa en la Figura 3.27. La franja de histéresis puede cambiar dependiendo de las características del sistema (masa, material, ambiente de trabajo, inercia térmica, etc.).



### 3.13.1. Dimensionamiento del Relé de Estado Sólido

Para elegir la capacidad de protección del relé de estado sólido primero se debe medir el consumo eléctrico total de la máquina, utilizando una pinza amperimétrica, esto principalmente para obtener un sistema que funcione en tiempos prolongados y a la temperatura deseada sin comprometer la eficiencia energética de la máquina. En la Tabla 3.34 se aprecia que el consumo total de la máquina estampadora es de 13.68A por esa razón al utilizar un SSR de 40A se satisface la demanda máxima y brinda un rango considerable de protección al dispositivo.

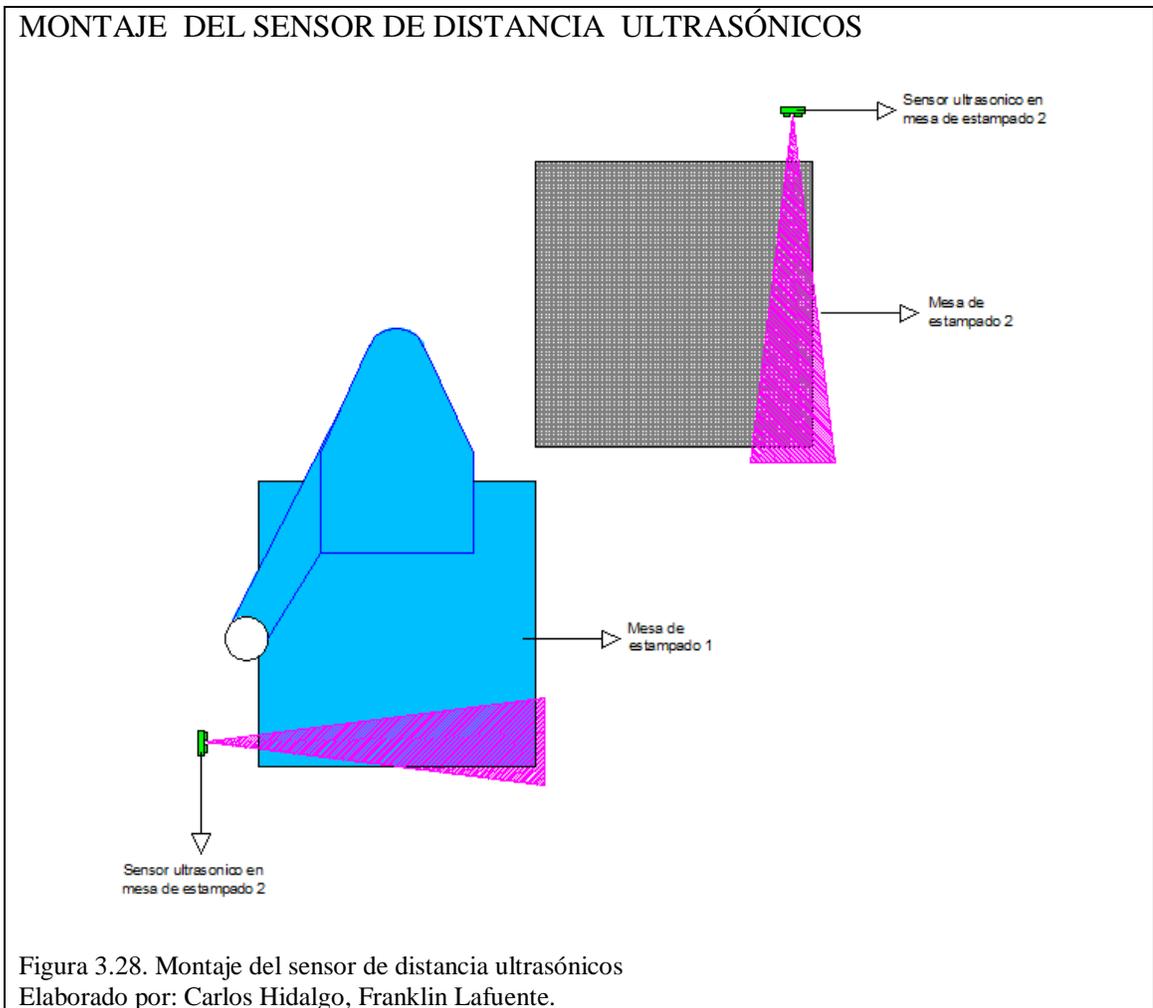
Tabla 3.34.  
Consumo de corriente de la máquina estampadora.

|                         |                     |             |
|-------------------------|---------------------|-------------|
| Potencia de la plancha  | 1500 [W] monofásico |             |
| Consumo de amperaje     | 13.68[A]            |             |
| Características del SSR | Vin                 | 4 -- 32 Vdc |
|                         | Vout                | 80--380Vac  |
|                         | Amperaje de salida  | 40 A        |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 3.14. Sistema de Seguridad

Para el sistema de seguridad se utilizarán dos sensores ultrasónicos los cuales van a estar distribuidos en cada mesa de estampado para proteger al operador de cualquier posible accionamiento de los actuadores lo que podría comprometer la integridad física del usuario por la velocidad y fuerza en la que se desplaza y baja la plancha, la ventaja de este tipo de sensor es que detectan presencia de cualquier tipo hasta una distancia de 6m, En la Figura 3.28 se muestra la posición de los sensores ultrasónicos en cada mesa de estampado.



### 3.15. Diagrama de Flujo del Funcionamiento del Sistema

En la Figura 3.29 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema por parte del operador.

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA POR PARTE DEL OPERADOR

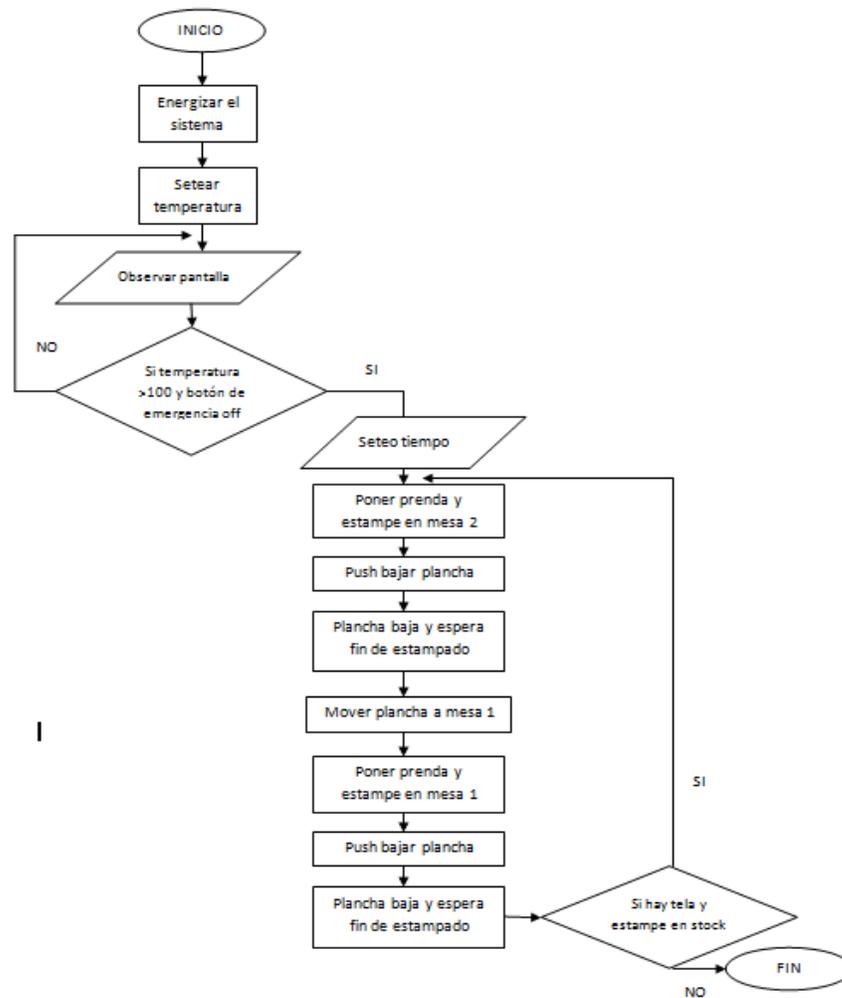


Figura 3.29. Diagrama de flujo del operador.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Figura 3.30 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento de las tarjetas Arduino de la pantalla que permitirá la visualización de las variables.

### DIAGRAMA DE FLUJO PANTALLA

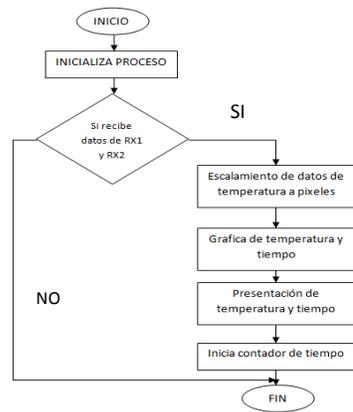


Figura 3.30. Diagrama de flujo de la pantalla.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Figura 3.31 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento de la tarjeta Arduino que permitirá el monitoreo de temperatura.

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOFTWARE TARJETA ARDUINO

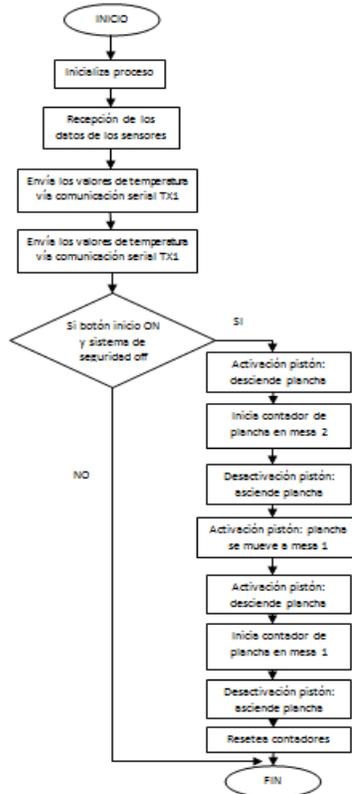


Figura 3.31. Diagrama de flujo del software de la tarjeta Arduino.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez finalizada la automatización de la máquina estampadora se realizó las pruebas de campo donde se conoció los resultados del sistema para determinar su funcionamiento y mejora del rendimiento en el proceso de estampado. En la Figura 4.1 se muestra como quedó la máquina una vez finalizada su construcción.

#### MÁQUINA ESTAMPADORA AUTOMATIZADA

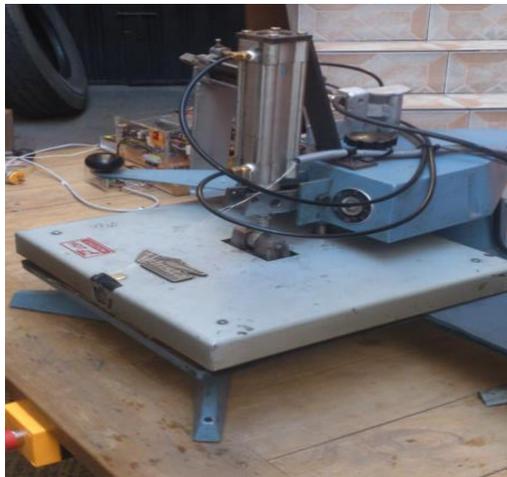


Figura 4.1. Máquina estampadora automatizada finalizada.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

### 4.1. Gráficas de los Sensores de Temperatura

#### 4.1.1. Gráfica Sensor de Temperatura PT-100

En la Figura 4.2 se puede apreciar que el aumento de la temperatura en la plancha es lineal y constante, en esta ocasión se configuró una temperatura para el proceso de estampado de 200°C que puede variar dependiendo la conveniencia del operador, la temperatura final quedará constante gracias al control por histéresis realizado en el sistema.

TIEMPO QUE LE TOMA A LA MÁQUINA EN LLEGAR A LA TEMPERATURA CONFIGURADA DE 200°C.

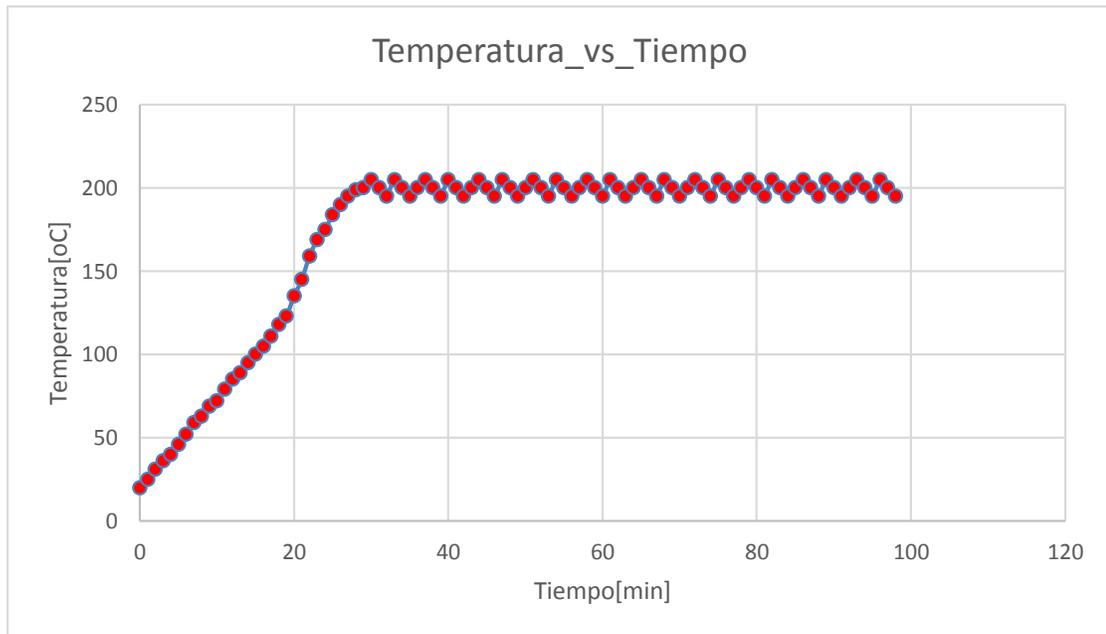


Figura 4.2. Lectura del sensor de temperatura PT-100  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

#### 4.1.2. Gráfica Sensor de Temperatura LM-35

El sensor de temperatura LM-35 tiene como misión verificar el incremento de temperatura en cada mesa de estampado al momento en que la plancha está realizando el proceso de transferencia del estampe, esto principalmente para prevenir quemaduras en la tela y daños en el estampe.

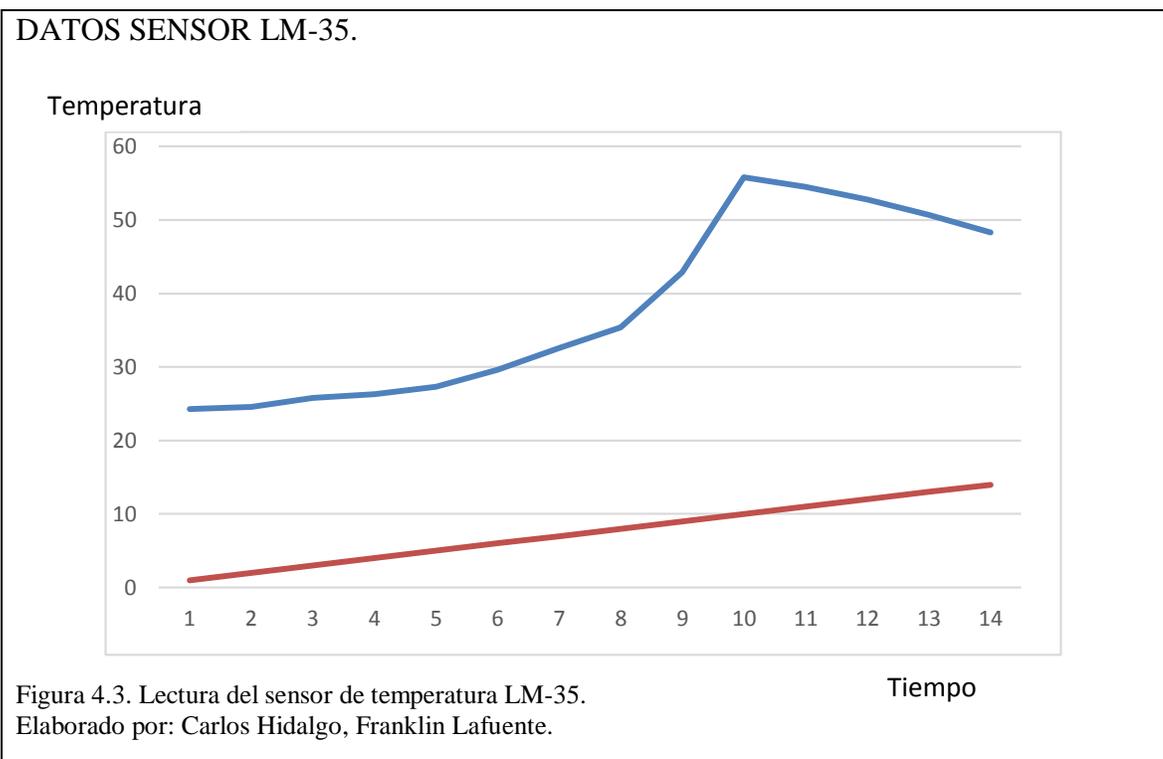
En la Tabla 4.1 se puede apreciar el tiempo y temperatura de transferencia que se obtuvieron mediante pruebas de campo realizados con la máquina utilizando los tipos de tela más demandados y utilizados en el taller, y servirá para utilizarlos en las condiciones de programación en el proceso de estampado.

Tabla 4.1.  
Tiempo vs Temperatura en telas diferentes

| Nombre de tela                | Tiempo | Temperatura máxima para estampado |
|-------------------------------|--------|-----------------------------------|
| Algodón fino                  | 10s    | 56°C                              |
| Algodón grueso                | 15s    | 60°C                              |
| Poliéster                     | 10s    | 56°C                              |
| Tela Polo                     | 20s    | 66°C                              |
| Licra                         | 15s    | 60°C                              |
| Tela calentador               | 35s    | 77°C                              |
| Tela calentador 70% poliéster | 30s    | 73°C                              |
| Franela                       | 15 s   | 60°C                              |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente

En la Figura 4.3 se aprecia la gráfica del sensor LM-35 durante el proceso de estampado utilizando algodón fino. Se puede apreciar que después de terminar el proceso la temperatura comienza a decaer rápidamente esto debido a que el calor se disipa en la lona de caucho utilizada para recubrir cada mesa.



#### 4.2. Análisis de Producción de la Máquina Estampadora.

En la Tabla 4.2 se especifica el costo de la fabricación del proyecto.

Tabla 4.2.  
Costo fabricación del proyecto

| Material                                      | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total     |
|---|----------|-----------------|------------------|
| Elementos eléctricos y electrónicos           | 1        | \$ 150.00       | \$ 150.00        |
| Electroválvulas                               | 2        | \$ 30.00        | \$ 60.00         |
| Relé de estado sólido 40A                     | 1        | \$ 20.00        | \$ 20.00         |
| Fabricación Placas para el controlador        | 3        | \$ 6.00         | \$ 18.00         |
| Plancha de acrílico                           | 1        | \$ 20.00        | \$ 20.00         |
| Material vario de ferretería                  | 1        | \$ 30.00        | \$ 30.00         |
| Mesa para colocación de maquina               | 1        | \$ 80.00        | \$ 80.00         |
| Fabricación de piezas mecánicas e instalación | 1        | \$ 100.00       | \$ 100.00        |
|   |          | <b>TOTAL</b>    | <b>\$ 508.00</b> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente

En la Tabla 4.3 se puede apreciar el costo mensual para la compra de materiales, la cantidad de tela que está destinada para su utilización en dos máquinas estampadoras y la fabricación de distintos tipos de prendas.

Tabla 4.3.  
Costo producción mensual sin automatizar la máquina

| Material             | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total      |
|----------------------|----------|-----------------|-------------------|
| Tela                 | 1        | 3500.00         | \$ 3500.00        |
| pago de electricidad | 1        | \$ 140.00       | \$ 140.00         |
|                      |          | <b>TOTAL</b>    | <b>\$ 3540.00</b> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente

En la Tabla 4.4 se puede apreciar la cantidad aproximada de prendas estampadas considerando una jornada de trabajo diaria, esta se multiplica por veinte para obtener la cantidad aproximada mensual así como la ganancia y tolerancia de pérdida sin automatizar la máquina, la tabla está realizada considerando dos máquinas estampadoras de las mismas características.

Tabla 4.4.

Ganancia mensual aproximada sin automatizar la máquina

|                               |                   |                          |               |                               |  |       |
|-------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------|-------------------------------|--|-------|
| Jornada de trabajo en 8 horas |                   |                          |               |                               |  |       |
| Maquina sin automatizacion    |                   |                          |               |                               |  |       |
| horario                       | numero de prendas |                          |               |                               |  |       |
| 7:00--13:00                   | 60                |                          |               |                               |  |       |
| 14:00--16:00                  | 25                | Total aproximado mensual | tolerancia    | costos unitario camiseta [\$] |  | total |
| total                         | 85                | 1700                     | mas menos 150 | 3                             |  | 5100  |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente

En la Tabla 4.5 se puede apreciar el costo de producción mensual una vez automatizada la máquina estampadora.

Tabla 4.5.

Costo de producción mensual con la automatización de la máquina

| Material             | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total      |
|----------------------|----------|-----------------|-------------------|
| Tela                 | 1        | \$ 4500.00      | \$ 4500.00        |
| pago de electricidad | 1        | \$ 60.00        | \$ 60.00          |
|                      |          | <b>TOTAL</b>    | <b>\$ 4560.00</b> |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente

En la Tabla 4.6 se observa la cantidad de prendas estampadas, ganancia total aproximada y tolerancia de pérdida de la máquina una vez realizada la automatización.

Tabla 4.6.

Ganancia mensual aproximada con la automatización de la máquina

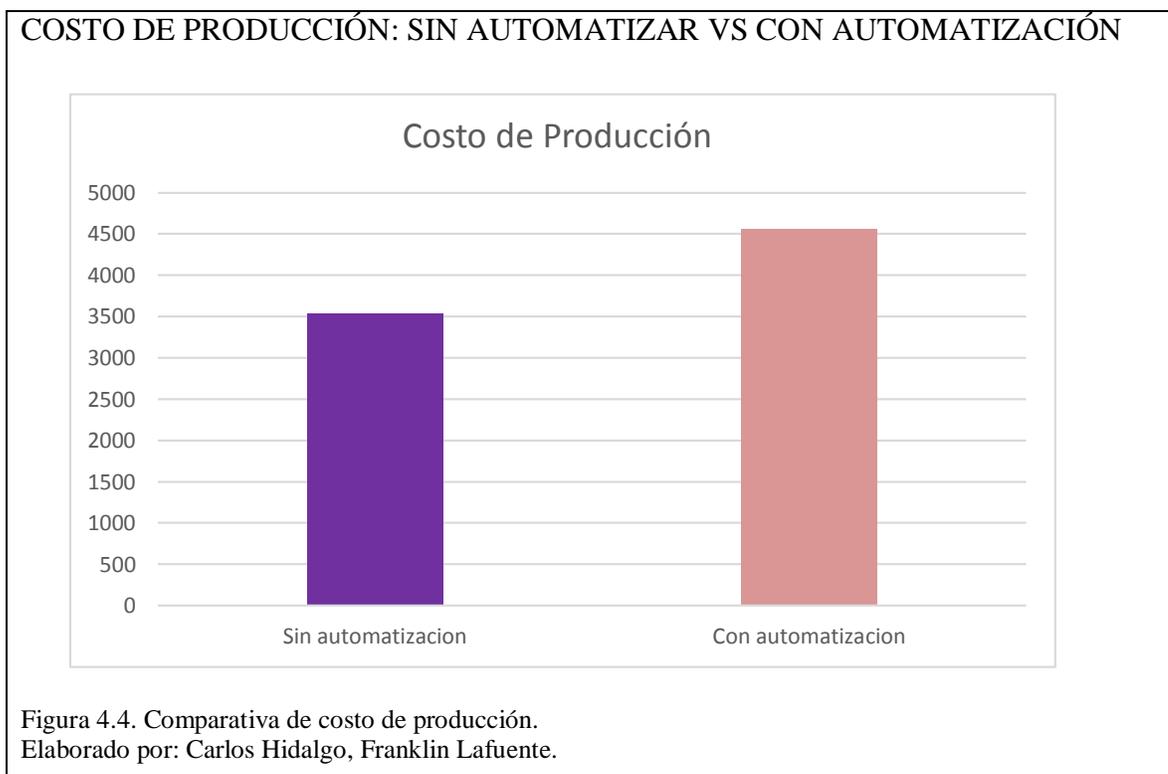
|                               |                   |               |              |                               |  |       |
|-------------------------------|-------------------|---------------|--------------|-------------------------------|--|-------|
| Jornada de trabajo en 8 horas |                   |               |              |                               |  |       |
| Maquina automatizada          |                   |               |              |                               |  |       |
| horario                       | numero de prendas |               |              |                               |  |       |
| 7:00--13:00                   | 90                |               |              |                               |  |       |
| 14:00--16:00                  | 40                | total_mensual | tolerancia   | costos unitario camiseta [\$] |  | total |
| total                         | 130               | 2600          | mas menos 30 | 3                             |  | 7800  |

Nota. Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente

### 4.3. Resultados del Análisis de Producción

Una vez concluido el análisis de producción de la máquina se debe realizar una comparación entre los valores que se obtenían sin la automatización y los que se obtienen actualmente una vez finalizado el proyecto, para determinar si la automatización trajo consigo beneficios al taller.

En la Figura 4.4 se aprecia el costo de producción mensual que generaba la máquina sin automatizar comparándola con el costo mensual una vez realizada la automatización.



En la Figura 4.5 se aprecia la comparativa de producción de camisetas estampadas entre la máquina sin automatizar y una vez realizada la automatización.

### CANTIDAD DE PRENDAS ESTAMPADAS: SIN AUTOMATIZAR VS CON AUTOMATIZACIÓN

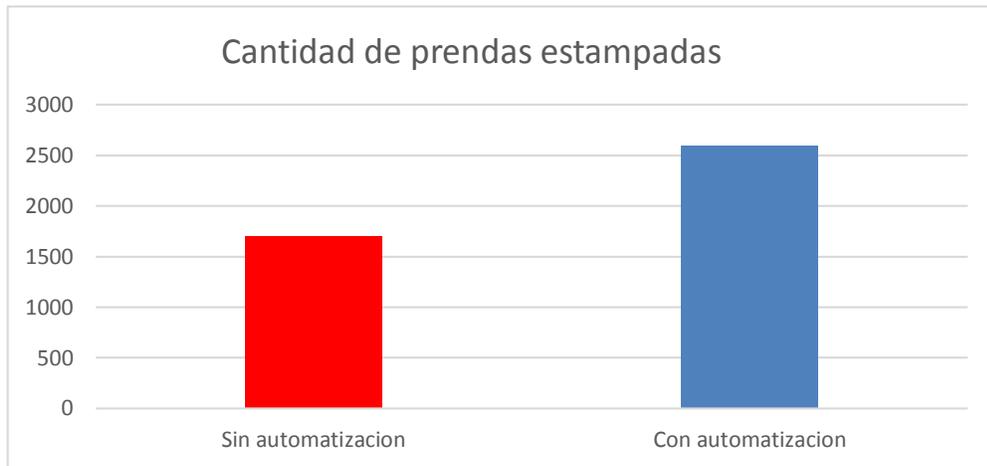


Figura 4.5. Comparativa de cantidad de prendas estampadas.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En la Figura 4.6 se aprecia la comparativa entre la ganancia mensual aproximada sin automatizar la máquina y una vez realizada la automatización.

### GANANCIA MENSUAL: SIN AUTOMATIZAR VS CON AUTOMATIZACIÓN

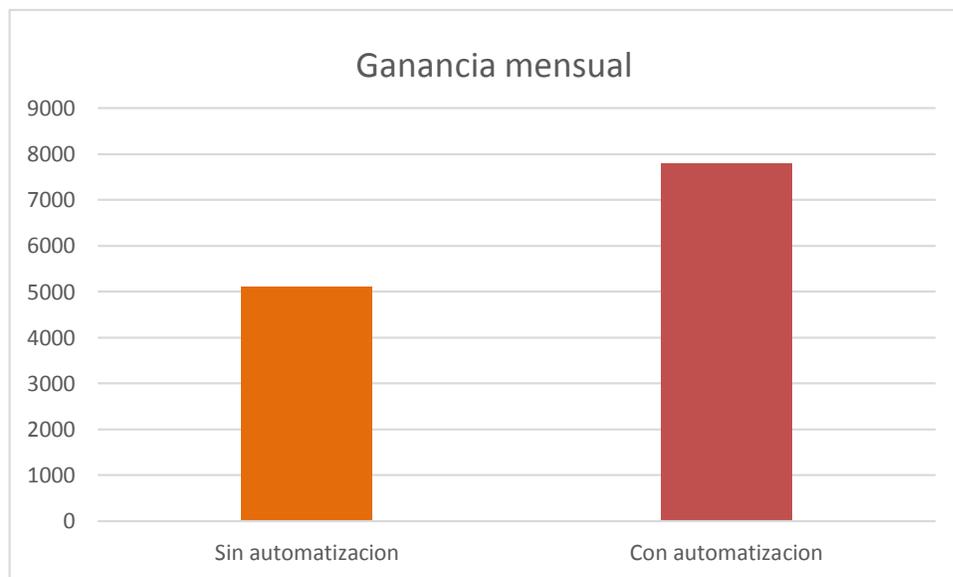


Figura 4.6. Comparativa de ganancia mensual.  
Elaborado por: Carlos Hidalgo, Franklin Lafuente.

En los resultados se puede apreciar que el costo de producción una vez realizada la automatización se acrecentó debido al número de prendas estampadas en el mismo período de tiempo, lo que trae consigo una mayor inversión para adquirir más materia prima para realizar los diferentes tipos de prendas, también se aprecia que la ganancia mensual se acrecentó en más de un 50% lo que compensa el aumento de costo de producción, por esa razón se determinó que la realización del proyecto es viable ya que genera más ganancia al taller, aumenta el número de prendas estampadas y disminuye el número de prendas dañadas en el proceso.

## CONCLUSIONES

Al desarrollar e implementar un sistema de control automático en lazo cerrado en la estampadora marca Insta modelo 215, se determinó que el sistema aumentó el número de prendas estampadas y la calidad de las mismas (transferencia del 100%), debido a que el proceso de estampado se vuelve automático y mediante la utilización de dispositivos electrónicos de monitoreo y control permiten que la transferencia de estampe se cumpla solo cuando los rangos de las variables de control sean los indicados por el operador, consiguiendo ahorro energético y evitando el desperdicio de estampe y tela.

Mediante la caracterización se conoció el funcionamiento y los componentes de la máquina estampadora marca Insta modelo 215, lo que permitió el diseño y la posterior instalación de los componentes mecánicos y electrónicos, que permitieron el funcionamiento de la máquina estampadora en forma automatizada, facilitando al operador su manipulación y el cuidado de su integridad física.

Para el desarrollo e implementación del hardware se realizó el estudio de la casa de la calidad basado en las especificaciones técnicas obtenidas en el Capítulo 3, lo que permitió recoger los requerimientos del usuario para plasmarlos en un sistema económico, fácil de utilizar y robusto para largas jornadas de trabajo, aumentando de esta manera la producción de la máquina.

Al realizar el software del controlador central en la plataforma Arduino IDE, se determinó que el sistema obtiene la lectura de los datos en forma continua y en tiempo real, porque ante pequeñas variaciones del sistema la respuesta de los actuadores es inmediata, lo que permite la activación de los mismos únicamente cuando el algoritmo detecta los valores configurados por el operador en las variables de temperatura y tiempo, lo que elimina la intervención del operador en el proceso de estampado.

Las pruebas de campo determinaron que con la automatización de la máquina se consiguió un aumento en la producción que rebasa el 50%, en relación a la producción obtenida con la máquina estampadora manual, además de una disminución en el número de prendas dañadas en el proceso de estampado, obteniendo una mayor ganancia mensual y por tanto para el ejercicio económica anual.

Este proyecto permitió poner en práctica conocimientos adquiridos a lo largo del proceso de formación académica, puesto que en el desarrollo de las actividades se realizaron múltiples modificaciones al diseño original de la máquina estampadora, lo que permitió acoplar cada uno de los elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos y conseguir una funcionalidad del proceso de forma automático.

El desarrollo del proceso de automatización y las pruebas experimentales generaron tablas específicas de estampado para cada tipo de tela, permitiendo al operador conocer los rangos de tiempo y temperatura para la transferencia total del estampe dependiendo de la tela a utilizar, lo que genera menos pérdida por daños como quemaduras y transferencia incompleta de estampe en el proceso de estampado, esto se aprecia en el Capítulo 4.

## **RECOMENDACIONES**

Las pequeñas industrias deberían conocer acerca de la innovación que presentan las tecnologías de automatización las cuales ayudan significativamente a mejorar la producción y crecimiento económico, ya que de esta forma presentan productos con mejor acabado y menos pérdidas por daños en el proceso.

Es importante la realización de múltiples pruebas de campo para cada tipo de tela a utilizar en el proceso de estampado, para que de esta manera el operador conozca en que parámetros de operación setear las variables de temperatura y tiempo, para conseguir prendas con buen acabo y transferencia de estampe total sobre la tela.

La realización de mantenimientos preventivos en la máquina garantizará un correcto funcionamiento tanto del sistema neumático como del sistema electrónico, ya que al trabajar en ambientes cerrados y en largas jornadas de trabajo se tiende a comprometer la funcionalidad de piezas mecánicas y elementos electrónicos de monitoreo y control.

Se requiere la menor manipulación de las partes electrónicas y eléctricas de la máquina ya que pueden poner en peligro el proceso de estampado y la integridad física de las personas que entren en contacto con este tipo de elementos, en especial cuando el proceso haya iniciado.

Para el diseño de las piezas mecánicas y elección de los dispositivos eléctricos y electrónicos que intervienen en el proceso, es indispensable primero el asesorarse con técnicos y personas involucradas en el campo de la confección y estampado de telas, para conseguir un sistema ágil y que cumpla con los requerimientos que desea el usuario.

## REFERENCIAS

Arduino, E. (20 de 12 de 2015).

Arduino, m. (10 de diciembre de 2015).

Arduino, Y. (5 de 11 de 2015).

Casanova, V. (2005). *Sistemas de control basados en red. Modelado y diseño de estructuras de control*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Clariant. (2 de diciembre de 2015). *A NEW SERIES OF ORGANIC PIGMENTS*.

Custodio, A. (1999). *Sensores Inteligentes: La revolución de la instrumentación*. Madrid: Departamento de electrónica UNEXPO.

Dormido, S., Sánchez, J., & Kofman, E. (2008). *Muestreo, control y comunicación basada en eventos*. España: Comité Español de Automática(C.E.A.).

Emoncms. (10 de diciembre de 2015). *Emoncms*.

Lancovici, A. (2000). *Algunos problemas de la tintura de lana y sus nuevas técnicas*. International Wool Dyeing Service.

Sharp. (1999). *GP2Y0A41SK0F*.

Texas, I. (2016). *LM35 Precision centigrade Temperature Sensors*. Texas Instruments.